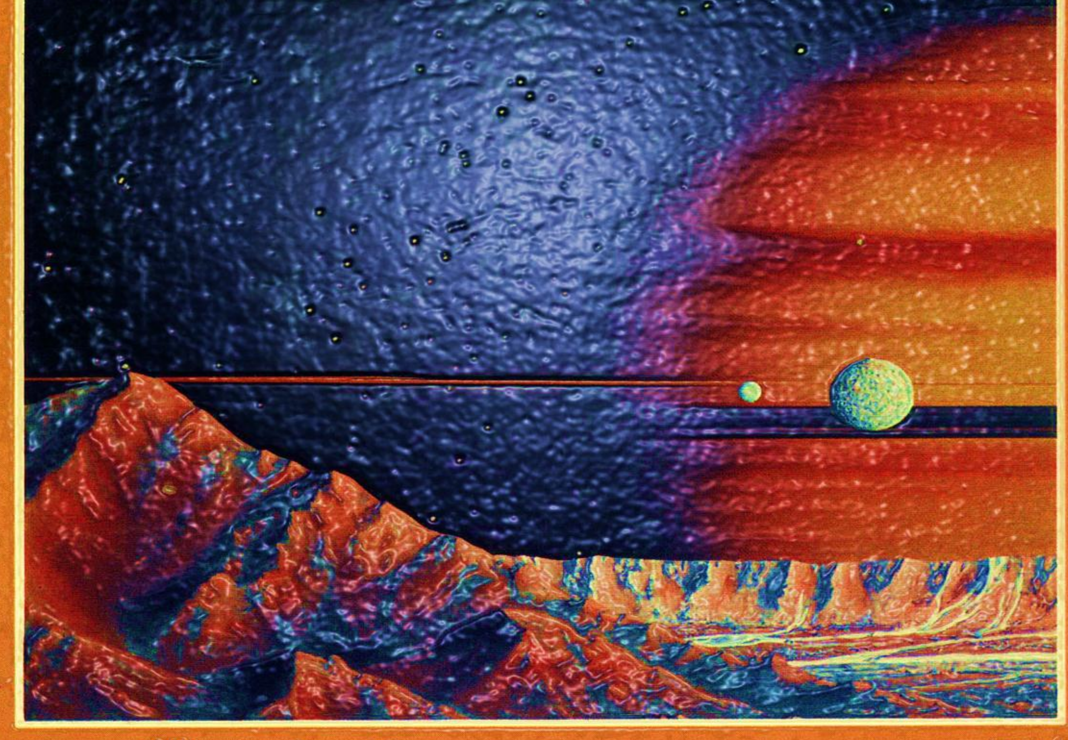
إسحاق عظيموف

نسيبة الضلال

مقالات حول النظام الشمسي وما وراءه



ترجمة عبدالله حيدر

أكاديميا

اسحاق عظيموف



مقالات حول النظام الشمسي وما وراءه

ترجمة عبدالله حيدر

مراجعة د. محمد دبس

أكاديميا
بيروت - لبنان

نسبية الضلال
الطبعة الأولى 1991، جميع الحقوق محفوظة

تمت فهرسة هذا الكتاب أثناء الطباعة
عظيموف، إسحاق
نسبية الضلال/ اسحاق عظيموف؛ ترجمة عبدالله حيدر
ـــ بيروت: أكاديميا انترناشيونال، 1991
237 ص.: جداول؛ 24 سم.
ترجمة The Relativity of Worng/Issac Azimov
17مقالة أعيد طبعها من مجلة الغرائب والخيال العلمي
(Magazine of Fantasy and Science Fiction 1986 - 1987)
1. علم الفلك ـ مجموعات. 2. النظام الشمسي ـ مجموعات.
3. النظائر المشعة ـ مجموعات.
أ. العنوان. ب. حيدر، عبدالله، مترجم. ج. أكاديميا
520
A832 m

أكاديميا انترناشيونال
الفرع العلمي من دار الكتاب العربي
ص. ب 6669 - 113 بيروت، لبنان
برقيا الكتاب. تلكس KITAB 40139 LE

This is an authorized translation of
the Relativity of Wrong

Academia International
P.O. box 113 - 6669 Beirut, Lebanon
Telegram ALKITAB, Telex KITAB 40139 LE

المحتويات

مدخل
كتابتي المفضلة

كنت أكتب هذه المقالات، بمعدل واحد كل شهر، وطوال ثلاثين عاماً. ومنذ البداية، كنت شغوفاً بهذا العمل. ولم يتضاءل شغفي مع مر العقود. وما زلت أراني أقوى بصعوبة على انتظار انقضاء الشهر، لأتمكن من كتابة مقال آخر.

ذلك لأن لي مطلق الحرية في الاختيار للكتابة في «مجلة الخيال العلمي»(*) التي دأبت على نشر مقالاتي في جميع أعدادها باستمرار منذ تشرين الثاني / نوفمبر 1958، وفي [دار] «دبلداي» Doubleday التي تنشر مجموعات مقالاتي في مجلدات منذ 1962. ولي أن أكتب في أي موضوع وأن أقدمه بالشكل الذي أختار، رغم كون هذه المقالات علمية. وقد أكتب أحياناً في موضوع غير علمي إذا شئت، فلا يعترض أحد.

إلى هذا، فلا خطر من افتقاري للمواضيع. فالعلم واسع وُسْع الكون، وهو يصقل ذاته مع تقدم المعرفة. وإذا كتبت «الآن» مقالاً حول الموصّلية الفائقة superconductivity، فقد يأتي مختلفاً عن مقال كتبته قبل سنتين.

وفي الواقع، فإني أضمّن هذا الكتاب مقالاً عن الكوكب «پلوتو»، كتبته

(*) The Magazine of Fantasy and Science Fiction.

منذ نحو ستة أشهر؛ كما أضيف ملحقاً ضخماً يحتوي على معلومات إضافية علاوة عما كان معروفاً في فترة كتابته.

وثمة متعة شخصية في كل هذه المقالات. فمن أجل كتابة واحد منها، عليّ أن أنظمّ ما يتوفر لي من معرفة في موضوعه، وان أكسوها بالمواد التي أجدها في مراجع مكتبتي. باختصار، فأنا أثقّف نفسي، وفي كل مرة، أعرف عن الموضوع الذي أعالج، بعد كتابة المقال، أكثر مما كنت أعرفه قبل أن فعل ـ والثقافة الذاتية مصدر سرور دائم لي، فكلما عرفت المزيد، كلما كانت حياتي مليئة، وكلما ازداد إعجابي بوجودي.

وحتى عندما يُقصِّر تثقفي الذاتي، وانتهي إلى شيء مغلوط، سواء بسبب الطيش أو بسبب الجهل، أتلقى من قرائي على الدوام، رسائلَ تشير إلى أخطائي ـ وهي رسائل مهذبة دائماً، بل ومترددة أحياناً، كما لو كان القارىء لا يُصَدِّق فعلاً أنني مخطىء. ويعجبني هذا النوع من التعليم أيضاً. قد يحمر وجهي خجلاً، ولكن التعلّم يستحق ذلك.

والأكثر من هذا، هو شعوري بأن الذين يقرأون مقالاتي، يتعرفون أحياناً إلى أمور لم يعرفوها من قبل. وأتلقى سيلاً من الرسائل في هذا الصدد. وهو أمر رائع أيضاً. ولو كنت أكتب لمجرد الحصول على المال، لاقتصر كل جهدي على صفقة تمكنني من دفع إيجارتي وشراء الغذاء والكساء للأسرة. وإذا كنت، إلى ذلك، مفيداً لقرائي، وإذا ساعدتهم على توسيع حيواتهم، فسيكون لديّ ما يجعلني أحيا لما هو أفضل من مجرد تلبية غريزة حفظ الذات.

وبالإضافة، فلنقارن العلم ببعض الاهتمامات الإنسانية الأخرى ـ المباريات والأحداث الرياضية مثلاً. الرياضة تحرّك الدم، وتثير الفكر، وتخلق الحماس. وفي بعض المجالات، توجه المنافسة بين شطائر مختلفة من البشر، في جو غير مؤذٍ نسبياً. أجل، قد تقوم تظاهرات بعد مباريات كرة القدم مثلاً، وتؤدي إلى إراقة الدماء. إلا أن كل التظاهرات مجتمعة، لا توازي مجزرة معركة صغيرة واحدة. وفي الولايات المتحدة على الأقل، تجري ألعاب البيسبول وكرة القدم وكرة السلة، ولا أكثر من شجار بالأيدي في المدرّجات.

ولا أحب أن تغيب الرياضة (وخصوصاً لعبة البيسبول لأنني شديد الولوع بها)، ذلك لأن اختفاءها يجعل الحياة أكثر كآبة، ويحرمنا مقداراً كبيراً مما قد يكون غير أساسي، إلا أنه يبدو حيوياً.

ومع ذلك، بإمكاننا، عند الاضطرار، أن نعيش بدون رياضة.

والآن، لنقارن هذا بالعلم. فالعلم المستخدم بشكل سليم، يمكنه أن يحل لنا مشاكلنا وأن يعود علينا بالخير، أكثر من أي واسطة إنسانية أخرى. كان مجيء الآلة هو الذي جعل عبودية البشر غير اقتصادية، ثم ألغاها، في حين لم يحقق كل التبشير الاخلاقي لذوي النية الحسنة، سوى القليل. ومجيء الإنسان الآلي هو الذي قد ينزع من عقل الإنسانية كل الأعمال البليدة المتكررة التي تحبط العقلية البشرية. ومجيء الطائرة النفاثة والراديو والتلفاز والمسجِّلة، هو الذي قدّم حتى لأبسط كائن بشري، وبالصورة والصوت، منجزات الإنسان في العِمارة والفنون الجميلة، مما لم يكن متوفراً في الماضي إلا للارستقراطيين والأثرياء. وقِس على ذلك.

من جهة أخرى، فالعلم الذي يُساء استخدامه، قد يزيد في مشاكلنا، ويقودنا إلى حافة تدمير الحضارة، بل وإلى انقراض الجنس البشري. ولست احتاج إلى تفصيل مخاطر الانفجار السكاني الذي أوصله إلى درجة خطيرة، تقدّم الطب الحديث، وإلى أخطار الحرب النووية، وإلى المستوى غير المعقول من التلوث الكيميائي، وإلى تدمير الغابات والبحيرات بالمطر الحمضي، إلى ما هنالك.

فما أهمية العلم، إذن، حين يحمل إلينا الحياة والتقدم بإحدى يديه، والدمار والموت باليد الأخرى. ومن هو الذي يختار كيف نستخدم العلم؟ وهل نترك الخيار، ومستقبلنا بالذات، بين يدي بعض النخبة؟ أو نشارك فيه؟ وبالتأكيد، إذا كان للديمقراطية أي معنى، وإذا كان للحلم الأميركي أي أهمية، يجب أن نقرر بأن يبقى مصيرنا ـ وإلى حدٍ ما على الأقل ـ بين أيدينا.

إذا كنا نشعر بأن علينا اختيار رئيسنا وممثلينا في الكونغرس، ليشرّعوا القوانين على النحو الذي يرضينا، فلماذا لا نُبقي العلم أيضاً تحت سيطرتنا، وكيف يمكننا أن نفعل ذلك بشكل محسوس إذا كنا لا «نفهم» ولو قليلاً حول العلم؟.

ولننظر الآن كيف تتعامل الصحافة وغيرها من وسائل الأعلام، مع الرياضة ـ كمية وتفاصيل المعطيات المتخصصة التي تغذي بها الجمهور، والتي يتلقفها بنهم لا يشبع. ولنفكر بالنقص المُطبِق في التقارير العلمية القيّمة إلا في كبريات الصحف الأكثر تقدماً. ولنفكر بأعمدة المقالات العديدة في علم

التنجيم، وفي نـدرة المعلومات عن علم الفلك. ولنفكـر في الحكايـا التفصيليـة والمتحمسـة عن الصحـون الـطائـرة ولَيّ المـلاعق، وفي الإشـارة العـابـرة إلى آخـر المكتشفات حـول طبقات الجـو الأوزونيـة ـ وكـون الأولى بكـاملهـا دجـل وشعوذة، في حين أن الأخيرة قضية حياة أو موت.

في هذه الظروف، إن أي عمل يقوم به أي فرد لإعادة التوازن ولو جزئيـاً، يعتبر مهماً. ويعلم الله أن مع نوعية قـرائي الرفيعـة، يبقى عددهم المـطلق قليلاً نسبيـاً، وأن جهودي الشخصيـة للتعليم قـد لا تصـل إلى أكثـر من فـرد بين كـل 2500!.

إلا أنني مستمر في المحاولة، ومستمر بلا كلل، لبلوغ أعداد أكبر. ولست أجـد وسيلة تمكنني، بمفردي، من إنقـاذ العـالم، أو حتى من تحقيق أي فـارق ملمـوس ـ ولكن كم أخجل من نفسي إن أنـا سمحت بمرور يـوم ٍ من دون بـذل المزيد من الجهد. عليّ أن أجعل حياتي جديرة ـ بالنسبة إليّ على الأقل ـ وكتابة هذه المقالات هي إحدى الوسائل الرئيسة التي بواسطتها أنجز المهمة.

القسم الأول

النظائر والعناصر



1

الثاني
بين الأخفّ وزناً

كان أول من قابلت وتحدثت إليه، من بين الحائزين على جائزة نوبل، الكيمائي الأميركي «هارولد كلايتون يوراي» Harold Clayton Urey(1893 - 1981). ولم تكن تلك، مناسبة سعيدة.

كنت قد اخترت مادة الكيمياء أثناء دراستي في جامعة كولومبيا، حيث نلت شِهادة البكالوريوس في حزيران/يونيه 1939. وقررت متابعة تخصصي في هذه المادة، معتبراً أن قبول طلبي أمر مسلّم به.

إلا أنه رُفِض في تموز/يوليو، بحجة عدم دراستي للكيمياء الفيزيائية، وهي شرط أساسي للتخصص في هذا الحقل. (للأسف، كنت مدفوعاً نحو دراسة الطب من قِبل والدي المفرط في حماسه.. ولم تكن الكيمياء الفيزيائية من متطلبات كلية الطب ـ ولذلك انصرف اهتمامي إلى مواد أخرى).

مع ذلك، لم أكن مستعداً للتراجع.. وعندما حان موعد التسجيل في أيلول، ذهبت إلى [جامعة] كولومبيا، وأصرّيت على مقابلة مع لجنة القبول. كان «يوراي» رئيس هذه اللجنة، ورئيس دائرة الكيمياء أيضاً. إلا أنه، بالإضافة، كان شيئاً آخر: فهو عدو عنيد لـ «عظيموف».. والمصيبة، أني كنت أخرقاً، مرتفع الصوت، حاد اللسان، لا أوقّر أحداً.. وبالتالي كان يُنظر إليّ في الكلية

بارتياب. (لم يكن أحد يشك في ذكائي. . إلا أن هذا الأمر كما يبدو، لم يكن ذا شأن يذكر).

طلبت من اللجنة السماح لي بدراسة الكيمياء الفيزيائية، حتى إذا ما انهيت دراستي، تقدمت من جديد بطلب حسب الأصول كطالب متخصص. وهذا يعني خسارة عام كامل، إلا أنه كان السبيل الوحيد أمامي. لم يستغرق «يوراي» وقتاً للتفكير. . فما كدت أنهي كلامي حتى قال: «كلا!» مشيراً بيده إلى الباب. .

ولكني تشبثت، وحصلت على فهرس الدراسة الذي ينص أحد مقاطعه على إمكانية قبول «طالب تخصص غير مصنّف» ريثما يُكمل دراسة ناقصة، شرط أن يستوفي بعض المتطلبات (كنت استوفيتها جميعاً). عدت في اليوم التالي مكرراً طلبي وأنا الوّح بالفهرس. فهز «يوراي» رأسه بالنفي مشيراً إلى الباب من جديد. . وأصّريت، وسألته عن سبب رفضه: «على أي أساس؟».

في الواقع، لم يكن لرفضه أي مبرر، اللهم إلا البغضاء. . وهو يأبى الاعتراف بذلك. طلب مني العودة بعد الظهر. ففعلت. وعرض عليْ اقتراحاً: يسمح لي بدراسة الكيمياء الفيزيائية، شرط دراسة طائفة كاملة من المواد، يستند كل منها إلى الكيمياء الفيزيائية كقاعدة أساسية. وبتعبير آخر، ففي كل هذه المواد، يفترض الأساتذة أن جميع الطلاب «يعرفون» الكيمياء الفيزيائية. . إلا أنا! زد على ذلك أني سأكون خاضعاً للاختبار: فإذا لم أحصل على معدل «ب»، رسبت حكماً، حتى إذا ما ذهبت إلى كلية أخرى، حرمتني كولومبيا من أي وثيقة تشير إلى إتمامي دراسة بعض المواد، فأضطر إلى إعادتها. . وهذا يعني خسارة جزء ضخم من أكلاف الدراسة، ولم يكن لديّ في تلك الأيام مال حتى أخسره. .

لقد وضح لي «الآن» أن «يوراي» كان يقدم لي عرضاً يعرف اني لن أقبله، وبذلك يتخلص مني نهائياً. ولكنه لم يقدّر ثقتي بكفاءاتي حق قدرها. . إذ قبلت العرض بلا تردد. وحصلت أخيراً على معدل «ب» متجاوزاً الاختبار، واستأنفت عملي التخصصي بنجاح.

منذ ذلك الحين، كان من الصعب عليّ أن اتصوّر «يوراي» بلطف أو بمحبة. . مع أنه كان من رأيي في السياسة (سنة 1940، يوم كانت الكلية في معظمها تعلّق أزرار «ويلكي» Willkie، كان «يوراي» يرفع شعار: «روزفلت،

خيار العمال»). والحق، أنه كان قمة في العلم، سواء أحبّني أو كرهني. فلننتقل إلى موضوع إحرازه جائزة نوبل.

تبدأ الحكاية سنة 1913، يوم قدم الكيميائي البريطاني «فريدريك سودي» Frederick Soddy (1877 - 1957) حججاً قوية على واقع أن ذرات عنصر ما، ليست بالضرورة متماثلة، بل قد تكون على نوعين أو أكثر، أطلق عليها اسم «النظائر».

كان الواضح منذ البداية أن نظائر عنصر معين، لا تختلف عن بعضها في الخصائص الكيميائية، إلا أن أعمال «سودي» بيّنت بوضوح انها تختلف في كتلتها.

قبل سنتين من إعلان «سودي» هذا، كان الفيزيائي «أرنست رذرفورد» Ernest Rutherford (1871 - 1937)، المولود في نيوزيلاندة والذي عمل معه «سودي» قد طلع بمفهوم نواة الذرّة الذي اعتمده الفيزيائيون بسرعة. وبحسب هذا المفهوم، تحتوي الذرّة على نواة صغير كثيفة، يحيط بها عدد من الالكترونات.

كان عدد وترتيب الالكترونات هما اللذان يتحكمان بالخصائص الكيميائية، بحيث يكون لنظائر عنصر معيّن، نفس العدد والترتيب في الكتروناتها، وإلا، فإن خصائصها تصبح مختلفة. وهذا يعني ان الفارق الذي يميّز النظائر، يجب أن يكون في النواة.

سنة 1914، قدّم «رذرفورد» الأدلة حول الافتراض أن أبسط النوى(*)، وهي نواة الهيدروجين، تتألف من جُسيم واحد، أسماه «البروتون»، وأن النوى الأكثر تعقيداً، تتألف من مجموعة «بروتونات». وتساوي كتلة «البروتون» الواحد 1836 ضعف كتلة الالكترون، إلا أن شحنته الكهربائية تساوي بالضبط شحنة الالكترون، وإن كانت ذات طبيعة معاكسة. فشحنة البروتون هي (+ 1) وشحنة الالكترون (− 1).

في الذرّة العادية التي هي محايدة كهربائياً، يجب أن تحوي النواة العدد المطلوب بالضبط، لمعادلة عدد الالكترونات خارجها. وهكذا، فذرّة اليورانيوم

(*) النوى، جمع نواة ـ المترجم.

ذات الاثنين وتسعين (92) الكتروناً خارج نواتها، لا بد أن تحوي اثنين وتسعين (92) پروتوناً في الداخل.

ولكن كتلة نواة اليورانيوم تساوي مئتين وثمانٍ وثلاثين ضعف (238) كتلة الپروتون. وللالتفاف على هذا الشذوذ، افترض فيزيائيو تلك المرحلة (الذين لم يعرفوا سوى الپروتونات والالكترونات من الجسيمات دون الذرّية) ان النواة تحتوي، إلى جانب الپروتونات، أزواجاً من «الپروتون/الكترون»، لكل منها كتلة تساوي تقريباً كتلة الپرتون (ما دامت كتلة الالكترون تكاد لا تذكر). والأكثر من ذلك، فما دامت الشحنات الكهربائية للپروتونات والالكترونات تلغي بعضها بعضاً، فإن شحنة الزوج «پروتون/ الكترون» هي صفر.

إذن، قد تكون نواة اليورانيوم مؤلفة من اثنين وتسعين (92) پروتوناً، زائد مئة وستة وأربعين (146) زوجاً من «الپروتون/ الكترون»، ومجموع الكتلة يساوي مئتين وثمانٍ وثلاثين (238) مرة كتلة الپروتون، بحيث يكون «الوزن الذري» لليورانيوم: 238. وبما ان نواة اليورانيوم ذات شحنة كهربائية إيجابية تساوي شحنة اثنين وتسعين (92) پروتوناً، فإن «العدد الذري» لليورانيوم هو 92.

وتبين في الواقع أن مفهوم زوج الپروتون/ الكترون داخل النواة، لم يثبت. فالزوج يتألف من جسيمين منفصلين، كما ان بعض الخواص النووية يتوقف على مجموع عدد الجسيمات داخل النواة. وهذه الخصائص النووية لن تستقيم، ما لم يتم استبدال أزواج الپروتون/الكترون بجسيمات فردية مطابقة لخصائص زوج الپروتون/ الكترون، أي أن تكون لها كتلة الپروتون تقريباً، وبدون شحنة كهربائية.

مثل هذا الجسيم، الذي اعتَمِدُ نظرياً بشكل واسع في العشرينات، كان من الصعب اكتشافه، نظراً لخلوِّه من الشحنة الكهربائية. ولم يُكتشف آخر الأمر إلا سنة 1932، على يد الفيزيائي البريطاني «جايمس تشادويك» James Chadwick (1891 - 1974) الذي أسماه «نيوترون»، واتخذ في الحال مكان زوج الپروتون/ الكترون. وهكذا، يمكن النظر إلى نواة ذرة اليورانيوم، على إنها مكونة من إثنين وتسعين پروتوناً ومئة وستة وأربعين نيوتروناً (92/ب و 146/ن).

خلال العشرينات، استخدم الفيزيائيون زوج الپروتون/ الكترون، لتفسير طبيعة النظائر. ولكن تحاشياً لتضليل القارىء الكريم، سوف اقتصر على

استعمال كلمة نيوترونات، رغم أن في هذا مفارقة زمنية للأحداث قبل العام 1932.

إن نوى جميع ذرات اليورانيوم، «يجب» أن تحوي اثنين وتسعين (92) پروتوناً. وأي تحوّل عن هذا العدد، يعني ان الالكترونات خارج النواة سوف يختلف عددها عن 92، وهذا يغيّر الخصائص الكيميائية للذرّة، فلا تبقى مجرّد ذرة يورانيوم. ولكن ماذا لو تغيّر عدد النيوترونات؟ إن هذا لن يؤثر على شحنة النواة أو على عدد الالكترونات خارجها، بحيث يبقى اليورانيوم، يورانيوم. إلا أن «كتلة» النواة، سوف تتغيّر.

وهكذا، وفي العام 1935، اكتشف الفيزيائي الكندي/ الأميركي، «أرثر جفري دمپستر» Arthur Jeffery Dempster (1886 - 1950)، ذرات يورانيوم، تحوي ـ إضافة إلى اثنين وتسعين (92) بروتوناً في النواة ـ مئة وثلاثة وأربعين (143) نيوتروناً (وليس 146). . وبقي العدد الذري 92، إلا أن العدد الكتلي هو: 92 + 143 =235. فلدينا إذن، يورانيوم 238، ويورانيوم 235، وهما نظيران لليورانيوم الموجود في الطبيعة. ولا يتواجدان بكميات متساوية بالتأكيد، ولكن لا شيء في نظرية النظائر يوحي بأن يكونا كذلك. وفي الواقع، نجد مقابل كل ذرة يورانيوم - 235 في الطبيعة، مئة وأربعين (140) ذرة يورانيوم - 238.

توصل «سودي» إلى مفهوم النظائر، من دراسة مفصلة للذرّات المشعّة وطريقة تحلّلها. إلا أن تلك، كانت نقطة ضعف في نظريته. فالإشعاع اكتُشف سنة 1896، وبدا أنه لا يشمل سوى الذرات الثقيلة أول الأمر، وهي الذرات التي تتحلل تلقائياً إلى ذرات أخف وزناً نسبياً. وبدت الذرات المشعة مختلفة جداً عن الذرات العادية، حتى ليمكن القول إن النظائر ربما اقتصر وجودها «بالحصر» على تلك العناصر المشعة.

كان اليورانيوم (العدد الذري 92) والثوريوم (العدد الذري 90) العنصرين المشعين المتواجدين في الطبيعة بكميات لا يستهان بها، ثم انتهى بهما التحلل إلى تكوين العنصر الثابت، الرصاص (العدد الذري 82). إلا أن اليورانيوم تحلل إلى أنواع من الرصاص تتألف نواتها من اثنين وثمانين پروتوناً (82) ومئة وأربعة وعشرين (124) نيوتروناً (الرصاص ـ 206)، في حين أن الثوريوم تحلل إلى نواة رصاص ذات اثنين وثمانين (82) پروتوناً ومئة وستة وعشرين (126) نيوتروناً

(الرصاص ـ 208).

وإذا كان الأمر كذلك، وجب أن يتألف الرصاص من هذين النظيرين على الأقل، وأن يتواجد في الطبيعة كخليط منهما، بنسب مختلفة. فالرصاص المستخرج من خامات الثوريوم، يجب أن يكون غنياً بالرصاص ـ 208، وذا وزن ذري أكبر من الرصاص الناتج عن خامات اليورانيوم. وفي العام 1914، حدد «سودي» بعناية، الوزن الذري للرصاص من مصادر مختلفة، وبيّن أن هناك فرقاً يسهل اكتشافه في الوزن الذري.

إن كون عنصر الرصاص الثابت مؤلفاً من نظائر، لم يشكل في حد ذاته توسيعاً مرموقاً للمفهوم، لان نظائر الرصاص ناتجة عن تحلل عناصر مشعة. وكان المطلوب هو الإثبات بإن النظائر تكونت في عناصر لا علاقة لها البتة بالإشعاع.

إن العناصر الثابتة (غير الرصاص)، لا تظهر تبايناً كبيراً في الوزن الذري عندما تكون ناتجة عن مصادر مختلفة أو جرى تنقيتها بطرق متغايرة. ومَرَدّ هذا، إما لكون جميع ذراتها متشابهة، أو لإنها مؤلفة دوماً من نفس الخليط النظائري.

وماذا لو تمكنّا من فصل النظائر (إذا افترضنا ضرورة ذلك)؟ هنالك طريقة عادية لفصل مادتين، وهي الإفادة من الفارق في الخصائص الكيميائية. إلا أن نظائر عنصر ما هي متطابقة أصلاً في خصائصها الكيميائية.

ويختلف نظيرا العنصر الواحد في كتلتهما. ولنفرض اننا جعلنا خليطاً من نوى مثل هذين النظيرين، يتسارع عبر حقل مغنطيسي (في زمن «سودي» كان الفيزيائيون يعرفون تهيئة مثل هذا الوضع). فالنوى المشحونة كهربائياً سوف تتفاعل مع الحقل [المغنطيسي]، وتتبع خطاً منحنياً. وبما أن النوى الأكبر كتلة، تتمتع بقوة عطالة كبيرة، فإن سيرها يكون أقل انحناء بفارق بسيط. فاذا وقعت النوى في مسارها على لوحة فوتوغرافية، فإن الصورة المظهّرة (المحمضة) سوف تبيّن خطاً مزدوجاً، لأن كل نظير يتبع مساره الخاص المختلف قليلاً.

سنة 1912، لاحظ الفيزيائي البريطاني «جوزف جون تومسون» (Joseph John Thomson)(1856 - 1940) مثل هذا الخط المزدوج قليلاً في نوى عنصر النيون المنطلقة. لم يكن متأكداً من معنى هذا، ولكن عندما أعلِن مفهوم النظائر في العام التالي، بدا ان ما اكتشفه قد يكون نظيرين للنيون.

وقام أحد مساعدي «تومسون»، «فرنسيس وليام استون» William Aston

Francis (1877 - 1945) بدراسة الأمر جدياً، فصنع جهازاً يجعل الحقل المغنطيسي فيه، كل النوى تسقط في نقطة واحدة على الفلم الفوتوغرافي. وسمي هذا الجهاز «مطياف الكتلة» mass spectrograph. ومن مواقع الآثار الناتجة، أمكن حساب كتل النظائر، ومن قوة هذه الآثار، حساب الكميات النسبية.

وسنة 1919، تمكن «استون» من فصل نوى النيون بشكل يُبيّن إن العنصر كان مؤلفاً من نظيرين: نيون ـ 20، ونيون ـ 22. وأكثر من هذا، إن حوالي تسعة أعشار ذرات النيون (9/10) كانت من النيون ـ 20 والعُشْر الباقي فقط، كان من النيون ـ 22. وهذا يفسر لماذا كان الوزن الذري للنيون 20.2.

(في السنوات التي تلت، ومع تحسين مطياف الكتلة، تم اكتشاف نظير ثالث للنيون، هو النيون ـ 21. ونعرف الآن أن من بين كل ألف ذرة نيون، هنالك 909 ذرات نيون ـ 20، و88 ذرة نيون ـ 22، وثلاث ذرات نيون ـ 21.

وجد «أستون» عبر أعماله على مطياف الكتلة، ان عدداً من العناصر الثابتة يتألف من نظيرين أو أكثر. وهذا ما أرسى نهائياً مفهوم «سودي» حول النظائر. ولم يحصل منذ ذلك الحين ما يجعله مجالاً للشك.

كلما كان الوزن الذري لعنصر ما، بعيداً عن عدد صحيح(*)، يمكننا التأكد أنه مؤلف من نظيرين أو أكثر، ويساوي وزنه الذري معدل كتلها حسب كمياتها النسبية.

هنالك عدد من العناصر تساوي أوزانها الذرية أعداداً صحيحة بالضبط، وبالتالي قد تكون كل ذرات هذا العنصر في الواقع ذات كتلة واحدة. على سبيل المثال، يتألف الفلور من الفلور ـ 19 فقط، والصوديوم من الصوديوم ـ 23، والألومينيوم من الألومينيوم ـ 27، والفوسفور من الفوسفور ـ 31، والكوبالت من الكوبالت ـ 59، والأرسنيك (الزرنيخ) من الأرسنيك ـ 75، واليود من اليود ـ 127، والذهب من الذهب ـ 198، وهكذا. . .

في حال هذه العناصر ذات النوع النووي الواحد (هناك تسعة عشر)، يصعب التحدث عن «نظائر»، لان التعبير يعنى وجود نوعين أو أكثر من العنصر. ولهذا السبب، اقترح الكيميائي الأميركي «ترومان پول كوهمان» Paul Kohman

---

(*) أي لا كسور فيه ـ المترجم.

Truman (1916 -) سنة 1947، أن يسمى كل نوع ذري «نُوَيْدة» nuclide.

ويُستعمَل هذا التعبير تكراراً، غير أني أشك في أن يحل محل كلمة «نظائر» التي تعمّق استعمالها في اللغة بحيث لا يمكن اقتلاعها. ثم إن الفيزيائيين تعلموا كيف يخلقون نظائر في المختبر، لا تتواجد في الطبيعة. وهذه النظائر الاصطناعية كلها مشعة ولذلك سُمِّيت «نظائر مشعة». ويمكن بالتأكيد تكوين عدد من النظائر المشعة، لأي عنصر يحوي نويدة واحدة ثابتة. وإذا أخذنا بالحسبان النظائر المشعة المحتملة، فلن يكون هنالك عنصر يتألف من نويدة واحدة. لذلك، فإن كلمة «نظير» يمكن استعمالها على وجه الدقة وفي كل حين. ونشير إلى أن للفلور مثلاً، نظيراً واحداً «ثابتاً»، يحتم وجود نظائر مشعة كذلك.

هنالك بالتأكيد عناصر ذات أوزان ذرية قريبة جداً من الأرقام الصحيحة ومع ذلك، فهي ناتجة عن عدد ثابت من النظائر. والذي يحدث في مثل هذه الحال، هو ان العنصر مؤلف في معظمه من أحد هذه النظائر، وقليل نادر من النظائر الأخرى، بحيث لا تسهم إلا إسهاماً تافهاً في الوزن الذري.

وثمة مثال صارخ، اكتشف سنة 1929. فقد استخدم الكيميائي الأميركي «وليام فرنسيس جيوك» William Francis Giauque (1895 - 1982) مطياف الكتلة ليبيّن أن الأكسجين مؤلف من ثلاثة نظائر: الأكسجين ـ 16 والأكسجين ـ 17 والأكسجين ـ 18، جميعها ثابتة. وأكثر هذه النظائر تواجداً بنسبة بعيدة، الأكسجين ـ 16، إذ من بين كل (10000) ذرة اكسجين، نجد (9,976) ذرة أكسجين ـ 16، و(20) ذرة اكسجين ـ 18 و(4) ذرات أكسجين ـ 17.

اهتزّ الكيميائيون لهذا الواقع إذ، منذ مئة سنة، كانوا يفترضون جزافاً أن الوزن الذري للأكسجين يساوي (16.0000) ويقيسون سائر الأوزان الذرية الأخرى استناداً إلى هذا المقياس. وبعد العام 1929، عُرِف هذا «بالوزن الذري الكيميائي»، في حين أن الفيزيائيين كانوا يعتمدون كتلة الأكسجين – 16 = 16.0000، كمقياس «للوزن الذري الفيزيائي». وفي سنة 1961، توصل الكيميائيون والفيزيائيون إلى تسوية، باعتماد الكربون ـ 12 = 12.0000 كمقياس. وكان هذا قريباً جداً من جدول الوزن الذري الكيميائي.

قد يكون مقياس الأكسجين = 16.0000 بقي صالحاً لو أمكن التأكد من أن

خليط النظائر لكل عنصر يبقى ثابتاً لا يتغيّر في كل الأوقات وتحت كل الشروط. وإذا كانت لمختلف النظائر في أي عنصر، نفس الخصائص الكيميائية «تماماً» بالضبط، فإن الخليط يبقى دائماً هو نفسه. إلا أنها ليست كذلك. ومع ان الخصائص الكيميائية هي نفسها في الأساس، إلا أن هنالك بعض الفوارق الطفيفة. فالنظائر الأكبر كتلة هي دائماً أبطأ من النظائر الخفيفة، بالمشاركة في أي تغيّر فيزيائي أو كيميائي. هناك إذن احتمال وجود خلائط تختلف قليلاً من حين لآخر.

سنة 1913، أعدّ الكيميائي الأميركي «آرثر بيكيت لامب» Arthur Becket Lamb (1880 - 1950) نماذج مختلفة من الماء، ذات مصادر متنوعة، وقام بتنقيتها جميعاً إلى الحد الأقصى، وتأكّد أن كلاً من هذه النماذج لا يحوي سوى جزيئات الماء، مع كميات قليلة جداً ـ شبه معدومة ـ من المواد الغريبة. ثم حدّد «لامب» الثقل النوعي لكل نموذج، بأكثر ما تسمح به شروط تلك الفترة، من الدقة المتناهية.

فلو كانت جميع نماذج الماء متشابهة تماماً، لجاءت الأوزان النوعية كلها متماثلة، في حدود القياس. ولكنها اختلفت بنسبة أربعة أضعاف تلك الحدود. كان الفارق دون الواحد من المليون في المتوسط، ولكنه كان حقيقياً. ومعنى ذلك ان جميع نماذج الماء «لم تكن» متماثلة تماماً. وعندما أُدخِل مفهوم النظائر في العام اللاحق، أمكن تبيّن حتمية كون الاكسجين أو الهيدروجين ـ أو كليهما ـ مؤلفاً من خليط نظائر.

يتألف جزيء الماء من ذرتي هيدروجين وذرة أكسجين (H_2O) فلو كانت كل جزيئات الماء تحتوي على ذرة الاكسجين ـ 18، فإن الثقل النوعي لمثل هذا الماء سيكون 12% تقريباً أكبر منه في الماء العادي ذي الأكسجين ـ 16. إن احتمال وجود ماء لا يحوي سوى الأكسجين ـ 18. معدوم بالتأكيد، إلا أن اختلافات يسيرة ناتجة عن المصادر أو طرق التنقية، تبرِّر بسهولة نتائج «لامب».

إن سلوك النظائر ذات الكتلة الكثيفة، والأبطأ من سلوك النظائر القليلة الكثافة، يفتح الطريق أمام فصل الإثنين. فمنذ 1913، جعل «استون» غاز النيون ينفذ من خلال حاجز مسامي. كان شعوره أن النظير الأقل كثافة (إذا وجد) سوف يكون الأسرع في النفاذ، وبالتالي فالنموذج النافذ أولاً، سيكون أغنى من المعتاد

بـالنظيـر القليل الكثـافة، في حين يكـون القسم الباقي خلف الحـاجـز أغنى من المعتاد، بالنـظير الأكثـر كثافـة. كرر هـذه الطريقـة مرات ومـرات إلى أن حصل أخيراً على نموذج من النيون مجرد من النظير الكثيف إلى درجـة ان وزنه الـذري كـان 20.15 بدلاً من 20.2. كمـا حصـل على نمـوذج من النيـون ذي وزن ذري 20.28، لانه أغنى بالنظير العالي الكثافة.

(تعتمد هذه الطريقة وغيرها لزيادة النسبـة المئويـة من نظيـر معيّن في أحد العناصر، أي إثرائه. والمثال الأبرز، كـان طـرق الأثـراء المتبعة للحصـول على يورانيوم يحوي المزيد من اليورانيوم ـ 235، أثناء إعداد قنبلة الانشطار النووي).

هنا تبرز قضية الهيدروجين ونظائره المحتملة. فوزنه الـذري أقل قليـلاً من 1.008، وهذا قريب جداً من العدد الصحيح، أي أن الهيدروجين قد يكون مؤلفاً من نـظير واحـد، هو الهيـدروجين ـ 1 (مع نـواة من بروتـون واحد دون أي شيء آخر). فإذا كان يحوي نظيراً أكثر كثافـة، فسيكون هـذا، في أدنى الاحتمالات، الهيـدروجين ـ 2 (مع نـواة من بروتـون واحد ونيـوتـرون واحـد) ولا يتـواجـد إلا بكميات تافهة.

قد يتواجد الهيدروجين ـ 2 بكميات ضئيلة جداً بحيث لا يتسنى اكتشافه بسهولة إلا إذا جرى إثراء enrichment نموذج من الهيدروجين بالنظير الأكثر كثـافة. ومنـذ العام 1919، حـاول الفيزيـائي الالماني «أوتـو شترن» Otto Stern (1888 - 1969) تطبيق طريقة «استون» في الانتشار، على الهيدروجين، ولكنه حصل على نتائج سلبية. فخلص إلى الاستنتاج بان الهيدروجين يتألف من الهيدروجين ـ 1 دون سواه. كان ذلك بسبب أخطاء في تقنية تجربته، الأمر الذي لم يكن واضحاً في حينه. وبالتالي، فإن تقريره ثبّط الهمة عن متابعة الأبحاث في هذا الاتجاه.

كما أن مطياف الكتلة لم يُجدِ شيئاً. فبالتأكيد، كان ثمة علامات قد تكون نـاتجـة عن وجـود الهيـدروجين ـ 2، أو عن جـزيء هيـدروجين مؤلف من ذرّتي هيـدروجين ـ 1 (H_2). ولكن بعد اكتشـاف نظائـر الأكسجين سنـة 1929، أصبح بـالإمكان تحـديد الـوزن الذري للهيـدروجين بمزيـد من الـدقـة. وبـدا أن وزن الهيدروجين الذري أكبر قليلاً من كونه مقتصراً على الهيدروجين ـ 1. وفي العـام 1931، اقترح فيزيائيان اميركيان، هما: «ريمونـد ثايـر برج» Raymond Thayer

Birge و«دونالد هوارد منزل» Donald Howard Menzel (1901 - 1976) انـه إذا وجـدت ذرة واحدة من الهيـدروجين ـ 2، مقابـل أربعة الآف وخمسمئـة (4,500) ذرة هيدروجين ـ 1، فذلك يكفي لتبرير الزيادة الطفيفة في الوزن الذري.

ويبدو في الظاهـر، أن هذا أوحى إلى «شبـه خصمي» المستقبلي «يوراي» بـدخول الحقـل. فحاول أول الأمـر. تحرّي واكتشـاف آثار للهيـدروجين ـ 2 في الهيدروجين.

لقـد تصـوّر «يـوراي»، لاعـتبـارات نـظريـة، أن الـهيـدروجـين ـ 2 والهيدروجين ـ 1، سـوف يكون لهما اشعاعات متباينة في أطوال موجـاتها، عنـد تعريضهما للحرارة.

ومثل هذه الفوارق الطيفية، صحيح في جميع النظائر، إلا أن هذه الفوارق طفيفة جداً بحيث يصعب تبيّنها. ومع ذلك، فالفوارق بين النظائـر، لا تزيـد مع الاختلاف في الكتلة، بل مع النسبة أو المعـدل. فاليـورانيوم ـ 238، أكثـر كثافـة بثلاث وحدات، من اليورانيوم ـ 235، إلا أنه أكثر كثافة من الآخر، بنسبة 1.28% فقط.

وتتـدنى نسبـة الفـارق بـالـوحـدة سـريعـاً، مـع تـدني مجمـوع الكتلة. فالاكسجين ـ 18 أكثر كثافة بنسبـة 12.5% من الاكسجين ـ 16، مع أن الفـارق هو وحـدتـان فقط. أمـا الهيـدروجين ـ 2، فهـو أكثـر كثـافـة بنسبـة 100% من الهيدروجين ـ 1، رغم كون الفارق وِحدة واحدة.

فالفارق الطيفي بين نظيري الهيدروجين، يجب أن يكون أكبر منـه بين أي نظيرين لأي عنصر آخر. وشَعَر «يوراي» أن سهـولة اكتشـاف الفارق الـطيفي بين نظيري الهيدروجين، هي أكبر من ذلك التمييز الكتلي الـذي يمكن للمطيـاف أن يكشفه.

حَسَبَ طول الموجة في الخطوط الطيفية المتوقعة من الهيدروجين ـ 2، ثم درس إشعاع ضوء الهيدروجين المعرَّض للحرارة، على حاجز طيفي كبير جـداً. فوجد خطوطاً باهتة في المكان الذي توقعه تماماً.

كان من الممكن أن يسارع «يوراي» إلى إعداد تقريره، لنيل السبق العلمي في اكتشاف الهيدروجين ـ 2. ولكنه كان عالِماً منهجياً جديراً بالاحتـرام. فتصوّر أن الخطوط الباهتة جداً التي اكتشفهـا، قد تكـون ناتجـة عن تلوث الهيدروجين بمواد غريبة، أو عن أخطاء مختلفة في جهاز تجربته.

كانت الخطوط باهتة، لإن كمية الهيدروجين ـ 2 في الهيدروجين، ضئيلة جداً. ولذلك، ترتّب عليه اعتماد مقاييس تزيد من نسبة الهيدروجين ـ 2، والتأكد من أن خطوط هذا النظير المفترضة في الطيف سوف تكون أكثر وضوحاً.

لم يحاول طريقة الانتشار diffusion ـ المسؤولة عن فشل «شترن» ـ إذ بدا له، عوضاً عنها، انه إذا سَيّل الهيدروجين وتركه يتبخر ببطء، فإن ذرات الهيدروجين ـ 1، الأقل كثافة، سوف تتبخر بسهولة أكثر من ذرات الهيدروجين ـ 2. إذن، فإذا بدأ بكمية لتر من الهيدروجين السائل، وترك99% منه يتبخّر، فإن المليلتر الأخير الباقي سوف يكون أغنى كثيراً بالهيدروجين ـ 2، مما كان عليه الهيدروجين الأساسي.

ففعل. ونجحت التجربة. وعندما بخّر الجزء الأخير من الهيدروجين، قام بتسخينه ثم بدراسة الطيف، فوجد أن خطوط طيف الهيدروجين ـ 2 المفترضة، قد ازدادت وضوحاً بنسبة ستة أضعاف. واعتماداً على حساباته الأولية في ذلك، قرر «يوراي» أن هنالك ذرة واحدة من الهيدروجين ـ 2، مقابل كل 4,500 ذرة من الهيدروجين ـ 1، تماماً كما سبق أن تنبأ «بِرج» و«منزل». إلا أن أعمالاً لاحقة، أظهرت إن هذا الرقم مبالغ فيه، والواقع أن هناك ذرة واحدة من الهيدروجين ـ 2، لكل 6,500 ذرة من الهيدروجين ـ 1.

قدّم «يوراي» نتائجه في محاضرة استغرقت عشر دقائق، أثناء جلسة للجمعية الأميركية الفيزيائية، آخر كانون الأول 1931. ثم نُشرت تقاريره الخطية الرسمية سنة 1932.

كان اكتشاف الهيدروجين ـ 2 مهماً جداً. وبسبب النسبة المئوية الكبيرة للفارق بين كتلتي الهيدروجين ـ 1 والهيدروجين ـ 2، تبيّن أنه من الأسهل كثيراً فصل هذين النظيرين، بالمقارنة مع أي نظيرين آخرَين. وسرعان ما تم الحصول على نماذج من الهيدروجين ـ 2 («الهيدروجين الثقيل»)، وكذلك على نماذج من الماء الذي يحوي الهيدروجين ـ 2، بدلاً من الهيدروجين ـ 1 («الماء الثقيل»).

والعمل على الهيدروجين الثقيل والماء الثقيل، جعل النظير يستحق اسماً خاصاً. فاقترح «يوراي» اسم «دوتيريوم» deuterium (من الكلمة اليونانية التي تعني «الثاني») ما دام الأمر انه إذا أُدرِجت جميع النظائر بحسب تزايد الكتلة،

فإن الهيدروجين ـ 1، أخفها إطلاقاً، سيكون الأول، والهيدروجين ـ 2، ثاني الأخفّ وزناً، سيكون الثاني.

كان من الواضح تماماً بحلول العام 1934، أن الحماس الذي أخذ الكيميائيون والفيزيائيون يعملون به على الهيدروجين ـ 2، سوف يقود إلى تقدم مرموق في حقول العلم. (وهذا ما حصل فعلاً، كما سوف أشرح في الفصل المقبل) ولم تكن مفاجأة أبداً، ان ينال «يوراي» سنة 1934، جائزة نوبل في الكيمياء.

والأكثر من ذلك، إن «يوراي» لم يَنَم على أمجاده، بل تابع نشاطه ليقوم بأبحاث حول منشأ الحياة، وحول الكيمياء الكواكبية وغيرها. قد لا يكون أحبّني.. وقد لا أكون أحْبَبْته.. ولكنه كان عالماً كبيراً.

2

علامات مميّزة على الجزيئات

منذ أسبوعين، تلقيت مخابرة هاتفية من امرأة شابة، تستعلم عن طريقة الحصول على نسخة من كتاب «حيٌّ في الذاكرة»(*) (أول مجلد من سيرتي الذاتية).

ذكرت لها اسم المكتبة، فقالت إنها في الواقع استعارت نسخة من المكتبة، إلا أن أمينها منزعج من طلباتها المتكررة للتجديد، حتى أن فكرة سرقة النسخة أخذت تراودها. . لولا أنها مخالفة لدستورها الأخلاقي - وإذن، فماذا تراني اقترح.

لم يكن من المجدي أن أنصحها بالإلحاف على مخازن الكتب المستعملة، إذ لا أحد - سوى المغفلين يرضى بالتخلي عن أحد كتبي بعد أن يُصبح في حوزته، وقليل من المغفلين يدركون فائدة شراء كتاب لي في الدرجة الأولى. وهكذا، فقد سألتها:

- «لماذا تريدين الاحتفاظ بالكتاب، ما دمتِ قد اطّلعتِ على نسخة المكتبة؟» فشرحت لي السبب على نحو ما، كما يلي:

(*) In Memory Yet Green.

ـ «إني عالمة نفسية (سيكولوجية). وكثيراً ما أُجري مقابلات مع فتيان مراهقين، يواجهون صعوبات في حياتهم. وأريد أن أكتب سيرة حياتك المبكِّرة لطلاب المرحلة الإعدادية، فأوصي بالكتاب للفتيان الذي يأتون إليّ».

فقلت: «يا الله! لقد أشرتِ لي الآن، أن هؤلاء المراهقين، يعانون من صعوبات. فلماذا تريدين زيادة معاناتهم، بحملهم على القراءة عني؟» أجابت: «إن هذا لن يزيد من معاناتهم، بل يخفف عنهم. أترى، إن هؤلاء الفيتان يأتون إليّ مع العُدّ(*). فهم ليسوا من الرياضيين الأقوياء، ولا هم جريئون ذوو شخصية قوية، بل خجلون ضعفاء حيال الآخرين، يعضّون أظافرهم، ويخافون الفتيات. لا يرقصون ولا يركبون الدراجات، وتراهم متوتّرين معقدين بين رفاقهم. وكل ما يرتاحون إليه، هو الكتب والوظائف المدرسية في البيت».

قلت: «آه، وهل هم ناجحون في المدرسة على الأقل؟».

ـ «أجل. بالفعل. ولكن هذا ينقلب ضدهم، لإنهم مكروهون بسببه».

ـ «إنهم يفتقرون إلى الحماقة الأميركية أليس كذلك؟».

ـ «إذا أردت التعبير بهذا الشكل، أجل».

ـ «حسن. وماذا تفعلين لهم؟».

ـ «أحدثهم عنك».

ـ «عني؟».

ـ «أجل. أشرح لهم أنك كنت مثلهم تماماً عندما كنت حدثاً(**). أما الآن، فانظر إلى نفسك ـ فأنت ثريّ، وشهير، وناجح. وإذا تمكنت من كتابة سيرتك، موجهة إلى المراهقين الذكور من القراء، لساعدهم ذلك كثيراً، وبعث فيهم الأمل، ومنحهم هدفاً يسعون إليه. أترى يا عظيموف «إنك مثال لغريبي الأطوار!».

ولبثت أخرساً لفترة بعد ذلك. . وبعد، فماذا أفعل؟ وثمة كل أولئك الصبية المراهقين، المعاقين جدياً بسبب افتقارهم للحماقة، وجوعهم المنحرف للتعلم. فهل أتركهم في الحَرَج؟.

(*) حَبّ الشباب ـ المترجم.

(**) هذا ليس في الواقع، أيها القارىء الكريم. لقد «كنت» جريئاً متحدياً، ولم أكن خجولاً معقداً بين الآخرين. وأهم من كل ذلك، لم أكن أخشى الفتيات «على الإطلاق».

قلت لها:

«تفضلي إلى منزلي، أعطِكِ نسخة من الكتاب».

ففعلت. وفعلت. ووقّعت لها النسخة أيضاً.

ولكن بعد أن يقرأ هؤلاء الشبان سيرتي الذاتية، فسوف يقتفون كتاباتي على الأرجح، ليشبعوا رغبتهم الجامحة للمعرفة، من نبع غرابة الطور المفرطة.

وفي هذه الحال، من الأفضل أن أمخض المزيد من هذه الكتابات، وهوذا مبحث آخر.

سأتابع من حيث توقفت في الفصل الأول، عن الكتابة في موضع الهيدروجين ـ 2 (المعروف كذلك «بالدوتيريوم» أو «الهيدروجين الثقيل») وأفعل ذلك استطراداً كما في أكثر الحالات.

نعرف أن الأشياء تتغيّر بمرروها عبر أجسادنا. ويشار إلى هذه التغيرات بكونها «الاستقلاب»(*) metabolism (عن الكلمات اليونانية التي تعني بشكل أو بآخر «التغيّر أثناء المرور»). فالهواء الذي نتنشق، فقير في ثاني أكسيد الكربون، وغني بالأكسجين؛ أما الهواء الذي ننفث، فهو أغنى بكثير في الأول، وأفقر في الثاني. ونتناول الغذاء والشراب، ثم نقذف البراز والبول، في حين يتحول بعض الغذاء بعد امتصاصه إلى عظام وعضلات وأنسجة أخرى أثناء نمونا، وغالباً إلى شحوم بعد توقفنا عن النمو.

ولكن كل ما نراه بالعين المجردة، هو المواد عند البداية وبعد النهاية، ولكن هذا في الحقيقة لا يعلّمنا الكثير، ما لم نستطع رؤية ما يحصل بينهما. فالاقتصار على رؤية البداية مع النهاية يثير ملاحظات كالتالية من قبل الكاتب الدانمركي «إسحاق دينسن» Isak Dinesen (الذي هو امرأة رغم الإسم الأول الموقّر الذي تبنته اسماً مستعاراً) .

«ليس الإنسان، إذا ما فكرت به، سوى آلة بارعة مركبة بمنتهى الدقة، تحوّل بمهارة لا حدود لها، نبيذ شيراز الأحمر، إلى بول..».

(وهو مقطع من الكتاب «سبع حكايات قوطية» Seven Gothic Tales،

(*) مجموع العمليات والتغيرات الكيميائية المتصلة ببناء البروتوبلازما ودثورها في الخلايا الحية، وبتأمين الطاقة للنشاطات الحيوية وتمثيل المواد الجديدة لاستبدال أنسجة الخلايا المندثرة ـ المترجم.

الذي نشر سنة 1934. وإذا كنت فضولياً، فإن شيراز مدينة إيرانية يفترض أن تكون شهيرة بنبيذها في عصر كبار الشعراء الفرس في القرون الوسطى)

بالطبع، مع تطور الكيمياء العضوية في القرن التاسع عشر، أصبح من الممكن تحليل الغذاء والنفايات؛ والإدراك بان ثمة «أحماضاً أمينية» تحتوي على النتروجين، مع جزيئات ذات بنية معينة، في الغذاء، وبأن ثمة «بولة» urea تحتوي على النتروجين، في البول، كما أن هنالك مادتي «الاندول» indole و«السكاتول» Skatole في الغائط. وكل هذا يدلنا على أمر حول «استقلاب النتروجين»، ولكنه أيضاً في معظمه، حول البداية والنهاية. وما زلنا نجهل المسافة الواسعة بينهما.

سنة 1905، تم مع ذلك إحراز تقدم علمي بفضل أعمال عالم الكيمياء الحيوية البريطاني «آرثر هاردن» Arthur Harden (1865 - 1940). كان مع تلميذه «وليام جون يانغ» William John Young، يدرس طريقة عمل انزيمات الخمائر في تفكيك غلوكوز السكر البسيط.

يتحول الغلوكوز إلى ثاني أكسيد الكربون وإلى ماء، إلا أن الأنزيمة التي تقوم بهذا، لا تعمل إلا مع وجود كمية صغيرة من الفوسفات غير العضوي (مجموعة ذرات تحوي ذرة فوسفور وثلاث ذرات أكسجين). واستنتج «هاردن» أن ذرة الفوسفور داخلة بشكل ما في عملية التفكيك. وبتحليله الخليط الذي نفكك فيه الغلوكوز، حصل على مقدار ضئيل مما عرفه بكونه جزيئاً من السكر مع مجموعتي فوسفات مرتبطة به.

يُسمّى هذا الجزيء molecule أحياناً «إستر(*) هاردن ـ يانغ»، على إسم مكتشفَيه، إلا أنه يُعرف بشكل أصحّ باسم «ثاني فوسفات الفروكتوز»(**). والواضح، أن ثاني فوسفات الفروكتوز، هو مُركب وسيط في عملية تفكيك الغلوكوز. إنه أول وسيط استقلابي أمكن عزله. وبذلك يكون «هاردن» قد اسس دراسة «الاستقلاب الوسيط». ونتيجة لهذا ولإعمال أخرى، مُنِحَ «هاردن» جزءاً من جائزة نوبل في الكيمياء للعام 1929.

وتبع خطوات «هاردن» علماء آخرون في الكيمياء الحيوية، فعزلوا المزيد

(*) الإسترهو ملح عضوي ـ المترجم.

(**) سكر الفاكهة والعسل ـ المترجم.

من الوسائط الاستقلابية، وفي مسار الجيل اللاحق، سعَوا لتحقيق ومعرفة سير الاستقلاب في مكونات مختلف الأنسجة المهمة.

كان هذا العمل ذا قيمة كبيرة، إلا أنه لم يكن كافياً. فالمواد الوسيطة كانت تمثل معالِمَ ساكنة للمسافات، إذا صح التعبير، على طريق الاستقلاب. وهي دائماً ماثلة بمقادير ضئيلة، ما دامت تتحوّل إلى المرحلة التالية فور تكوّنها تقريباً، كما أن هناك احتمالاً دائماً لوجود وسائط في تجمعات ضئيلة جداً يصعب اكتشافها. وإلى ذلك، بدا انه لا يمكن تحديد تفاصيل التحوّل بين الوسيط والوسيط التالي.

كان هذا أشبه بمشاهدة أسراب كبيرة من الطيور، على مسافة بعيدة جداً، بحيث لا يمكن رؤية كل طير بمفرده. فبالامكان معرفة تحركات الأسراب وتبدل مواقعها ككل، ولكن لا يمكن معرفة التبدلات أو الاضطرابات التي قد تحدث في داخلها.

قد يكون مفيداً ان يختلف بعض الطيور في أشكال ألوانها عن معظم السرب، بحيث يتسنى مشاهدة بقع الألوان المتحركة. أو قد يمكن التقاط بعض هذه الطيور غير الداجنة، وربط أجهزة في قوائمهما ترسل إشارات لاسلكية، ثم إطلاق سراحها. وبمراقبة مواقع إرسال الإشارة اللاسلكية، يمكن دراسة التحركات داخل السرب.

وفي دراسة الاستقلاب، نتعامل، إن صحّ التعبير، مع إسراب من جزيئات الغلوكوز، أسراب كبيرة جداً، فحتى عُشر المليغرام من الغلوكوز ـ وهو نقطة تكاد لا تراها العين ـ يتألف من بليون تريليون[*] جزيء. وكل هذه الجزيئات، وفقاً للقناعات الكيميائية في القرن التاسع عشر، متشابهة تماماً. وقد بدا أن لا تمييز طبيعياً بينها، كما ان الكيميائيين كانوا يفتقرون إلى طرق اصطناعية للتمييز.

غير ان الكيميائي الالماني «فرانز كنوب Franz Knoop (1875 - 1946) فكّر في أسلوب ما. كان في العام 1904، يعمل على الأحماض الدهنية التي

(*) البليون أو المليار هو ألف مليون في أميركا وفرنسا ومليون مليون في إنكلترا وألمانيا. والتريليون هو الرقم 1 مع 12 صفراً في أميركا وفرنسا، ومع 18 صفراً في إنكلترا وألمانيا ـ المترجم.

يمكن استخراج بعض أنواعها من المواد الدهنية المختزنة في مختلف الأنسجة. فكل حمض دهني يتألف من سلسلة طويلة ومستقيمة من ذرات الكربون، وفي أحد طرفي السلسلة، مجموعة حمضية من «الكربوكسيل»، مؤلفة من ذرة كربون وذرة هيدروجين وذرتي أكسجين (COOH).

ومن خصوصيات الأحماض الدهنية المتواجدة داخل الكائنات الحية، ان مجموع عدد ذرات الكربون فيها (بما فيه ذرات الكربون في مجموعة الكربوكسيل) يبقى دائماً عدداً مزدوجاً. ويبلغ عدد ذرات الكربون في أكثر الأحماض الدهنية شيوعاً، 16 أو 18، إلا أن أعداداً مزدوجة أخرى قد تتواجد، أكثر وأقل.

قام «كنوپ» بربط «حلقة بنزين» مع سلسلة حمض دهني، في الطرف المقابل لمجموعة الكربوكسيل. وتتألف حلقة البنزين من ست ذرات كربون ضمن دائرة، مع ذرة هيدروجين واحدة مرتبطة بكل منها. وهي مجموعة ثابتة من الذرات، لا يُحتَمل تغيرها في الجسم. كانت فكرة «كنوپ» ان الحمض الدهني المرتبط بالبنزين، سوف يلقى تقريباً نفس المصير الذي يلقاه الحمض الدهني الأساسي، وان الناتج النهائي قد يبقى محتفظاً بحلقة البنزين المعلقة به، بحيث يمكن التعرف إلى هويته. وبتعبير آخر، سوف يكون للحمض الدهني «علامة مميزة» ثابتة تحدد هوية الناتج النهائي.

كان ذلك أول استخدام من نوعه لمركّب ذي علامة مميزة، يكشف غموض معضلة في الكيمياء الحيوية.

اكتشف «كنوپ» انه إذا أضاف حمضاً دهنياً ذا علامة مميزة إلى الوجبة، يمكنه آخر الأمر أن يسترجع حلقة البنزين من أنسجة الحيوان الدهنية، مع سلسلتي كربون مرتبطتين بها، يشكل الكربون الخارجي فيها جزءاً من مجوعة الكربوكسيل. اسم المركّب هذا: «حامض الفينيل أسيتيك»، وقد حصل عليه «كنوپ» بصرف النظر عن مدة استخدامه لسلسلة الكربون والحمض الدهني ذي العلامة المميزة.

انتقل «كنوپ» بعد ذلك إلى الخطوة التالية، وهي استخدام حمض دهني ذي عدد مفرد من ذرات الكربون في السلسلة، وهو غير متواجد في الكائنات الحية، بل يمكن تأليفه في المختبر. ولهذه الأحماض نفس خصائص الأحماض الدهنية ذات الأعداد المزدوجة من ذرات الكربون، وبالتالي ليس هنالك من

سبب يمنع وجودها في الأنسجة الحية.

وضع «كنوپ» علامات مميزة على أعداد مفردة من الأحماض الـدهنية مـع حلقة البنزين، ثم أطعمها للحيوانات. فلم يظهـر عليها أي أثـر سيّء بسبب عدد سلسلة الكـربون المفـرد. وعندمـا قام «كنـوپ» بدراسـة الدهن، وجـد أن حلقة البنزين ارتبطت في النهاية مع مجموعة ذرات تحوي ذرة «واحدة» من الكربـون، وان ذرة الكربون هذه كانت جزءاً من مجموعة كربوكسيل. ويُسمّى هذا المركّب «حمض البنزويك»، وقد وجد «كنـوپ» ان حمض البنزويـك يظهـر مهما طـالت مدة استخدام سلسلة الكربون ذات العدد المفرد التي اعتمدت في البداية.

وقد فسّر «كنـوپ» اكتشافـاته على النحو التالي: قـرر أن كل حمض دهني يتفكـك بحذف مجمـوعة من 2 كـربون عنـد طرف الكـربوكسيـل. ثم «ينـدمـل» الطرف المقطوع بالتحوّل إلى مجموعة كربوكسيل. ثم تقتطع مجموعة أخرى من 2 كربون، وهكذا. وبهذه الطريقة، يمكن أن يُقتطَع حمض دهني ذو 18 كربون، إلى 16، ثم إلى 14، وهلم جراً إلى مجموعة 2 كربون. أما مجمـوعة 2 كـربون الأخيـرة، فلا يمكن التعامل معها لانها مرتبطة مباشرة بحلقة البنزين، ولا يملك الجسم القدرة على اقتطاعها من الحلقة.

من المشـروع الافتـراض انه إذا كـان من الممكن اقتـطاع 2 كـربـون من الحمض الدهني دفعة واحدة، فإن تكوينه يكون بانعكاس العملية. فانطلاقـاً من حمض دهني ذي 2 كربـون (حمض الاسيتيك) المعـروف تواجـده في الجسم، وبإضافة 2 كربون كل مـرة، يمكن الوصـول من 2 إلى 4 ثم إلى ستة، فثمـانية، وهكذا. وهذا ما يفسر لماذا تتكوّن في الأنسجة سلاسل الأحماض الـدهنية ذات الأعداد المزدوجة من الكربون.

(بالطبع، كان «كنوپ» ما يزال يعمل على البدايات والنهايات. ولم يحدد بشكـل نهـائي أي شيء بينهمـا، بـل بقي الأمـر متـروكـاً لـ «هـاردن» في العـام اللاحق).

لقد كانت تجربة ناجحة ومفهومة جـداً، إلا أن هنالـك مصيدتين: فعـلامة البنـزين المميزة، لا تصلح في أي مـركّب مهمّ آخر. كمـا أنـه لم يُكتَشَف أي علامات مميـزة أخرى من هـذا النوع. ثم إن مجمـوعة البنـزين لم تكن طبيعية، وقد تكون حرّفت أو شوّهت العمليات الاستقلابيـة الطبيعيـة، فاعـطت نتائـج لم تكن دقيقة حقاً. لذلك تدعو الحاجة إلى ما هو أفضل، إلى ما يقوم بدور عـلامة

مميزة أينما كان، مع كونه طبيعياً تماماً، لا يتداخل بأي شكل ممكن، مع الاستقلاب الطبيعي.

ثم في العام 1913، تم اكتشاف النظائر كما أشرت في الفصل الأول. وكان معنى هذا أن الجزيئات تختلف فيما بينها بالنسبة إلى محتواها من النظائر ولنأخذ جُزيء الغلوكوز المؤلف من 6 ذرات كربون، و12 ذرة هيدروجين و6 ذرات أكسجين. فذرات الكربون يمكن أن يكون كل منها، إما كربون - 12 أو كربون - 13؛ وذرات الهيدروجين، أما هيدروجين - 1 أو هيدروجين - 2؛ وذرات الاكسجين، أما اكسجين - 16، أو أكسجين - 17، أو أكسجين - 18.

هذا يعني أن ثمة ما لا يقل عن 25 تريليون نوع نظائري محتمل، لجزيء الغلوكوز، يمكن نظرياً أن تتواجد جميعاً في نموذج من الغلوكوز ذي حجم كافٍ.

إلا أن الأنواع المختلفة لا تتواجد بأعداد متساوية، لأن النظائر نفسها ليست متساوية. ففي حال الهيدروجين، 99.985% من الذرات هي هيدروجين ـ 1؛ وفي الكربون، 98.89% من الذرات هي كربون - 12؛ وفي الاكسجين، 99.759% من الذرات هي اكسجين - 16.

معنى هذا في حال الغلوكوز، ان 92% من جميع جزيئاته، مؤلف من النظائر ذات الأغلبية دون سواها: كربون - 12، وهيدروجين - 1، وأكسجين - 16. ولا نجد أياً من النظائر الأندر نسبياً والأثقل وزناً، إلا في الثمانية بالمئة (8%) المتبقية.

والأنواع النظائرية الأكثر ندرة من الغلوكوز، سوف تكون بالحصر، مؤلفة من الكربون ـ 13، والهيدروجين ـ 2، والأكسجين ـ 17 (والأخير هو أندر نظائر الأكسجين). هذا النموذج من جزيء الغلوكوز قد يتواجد في الطبيعة مرة واحدة في كل جزيء من أصل 10^{78} جزيء. . أي انه لو كان الكون بكامله مؤلفاً من الغلوكوز دون سواه، فإن احتمال وجود حتى واحد فقط من هذا النوع المتناهي في الندرة، لا يتعدى نسبة الواحد بالألف أو ما يقارب ذلك.

وبرغم هذا التنوع الكبير في النظائر، لم يتحسن الوضع. فالأنواع النظائرية للغلوكوز هي خليط كامل، بنسب ثابتة لا تتغيّر. ولمزيد من التأكيد، فإن نماذج مختلفة من الغلوكوز قد تُظهر ـ على أساس التغيرات

العشـوائية ـ مختلف الأنـواع النظائـرية في تـركيزات أقـل قليلاً أو أكثـر قليلاً من المقـدار الـذي يفتـرضـه المتـوسط النسـبي الحقيقي. إلا أن هـذه التغيـرات، بالمقارنة مع العدد الكبير من الجزيئات الموجودة، هي ضئيلة جـداً بحيث يمكن تجاهلها.

ولكن لنفـرض الاستفادة من بطء النـظائر الأثقـل وزناً، بـان نجعـل ثـاني أكسيد الكربون مثلاً، ينتشر عبر حاجز مُنفِذ (ذي مسام). فالجزيئات التي تحوي الـذرات الأثقـل للكـربـون - 13 والأكسجين - 18، سـوف تتلكـأ متخلفـة وراء سواها. فإذا كررنا عملية الانتشار مرات ومـرات، فسوف نخلص إلى نمـاذج من ثاني أكسيد الكربون، غنيـة بالكـربون - 13 (وبنسبـة أقل، بـالأكسجين - 18). وبنفس الطريقة، فإن تبخير الماء أو حلّه كهربـائياً، سـوف ينتج عنـه نماذج ذات نسبـة مرتفعـة من الهيدروجين - 2 في حين ان معـالجة النّشـادر (ammonia) قد تعطي نماذج غنية بالنظير النـادر، نتروجين - 15 (نـظير النتـروجين المألـوف هو نتروجين ـ 14).

بين هـذه العناصـر الأربعة، الأكثـر أهميـة، بـالنسبـة إلى كيميـاء الحيـاة، نجـد أن النتـروجين ـ 15، هـو أكثـر كثـافـة من النتـروجين ـ 14 بنسبـة 7.1%؛ والكربون - 13، أكثـر كثافـة من الكربـون - 12 بنسبة 8.3%؛ والأكسجين - 18 أكثـر كثافـة من الأكسجين - 16 بنسبة 12.5%. ولنقـارن هذا بـالهيـدروجين - 2 الذي هو أكثر كثافة من الهيدروجين - 1، بنسبة 100%.

تـلا ذلك بعـد اكتشاف الهيـدروجين - 2، أن أصبح هـذا النظيـر متـوفـراً للتجارب الاستقلابية، وهو أول نظير أمكن توفره. ولكن بعـد ذلك، ومـع تحسن تقنيات الفصل، أصبحت نظائر أخرى نادرة نسبياً، متوفرة هي الأخرى.

سنة 1933، هاجر عالم الكيميـاء الحيويـة الألماني «رودولف شـوينهايمـر» Rudolf Schoenheimer (1898 - 1941) إلى الـولايات المتحـدة. (كان يهـوديـاً ورأى إن لا فـائدة لـه من البقـاء في المـانيـا بعـد أن تسلّم هتلر السلطة في تلك السنة). وحصل في الولايات المتحدة على مركز في جامعة كولـومبيا وأتيحت لـه فـرصـة العمـل جنبـاً إلى جنب مـع «يـوراي» وبـالتـالي الحصــول على إمـداد بالهيدروجين - 2.

بـدا «لشوينهـايمر» انـه يمكن استخدام الهيـدروجين - 2 كعلامـة مميزة

للمركّبات العضوية. فللأحماض الدهنية غير المشبعة، المؤلفة من جزيئات تحوي دون العدد الأقصى من ذرات الهيدروجين، قابلية إضافة ذرتي هيدروجين (أو أربع، أو ست، وفقاً لدرجة عدم الإشباع) لتصبح مُشبَعة. ولا يؤثر على الأحماض الدهنية غير المشبعة، أخذ الهيدروجين - 1 أو الهيدروجين - 2، وبالتالي فإن الناتج النهائي يمكن أن يكون غنياً بالهيدروجين - 2.

يتواجد الهيدروجين - 2 في الطبيعة. فأي جزيء معينّ من حمض دهني مشبع، يمكن إذن أن يحوي واحداً أو أكثر من هذا النظير في الحالات العادية. وبما ان هناك ذرة واحدة من الهيدروجين - 2 تقريباً مقابل كل 6.500 ذرة هيدروجين - 1 وان هناك 36 ذرة هيدروجين في جزيء الحمض الدهني النموذجي ـ فسنجد جزيئاً واحداً من الحمض الدهني مقابل كل 180 جزيئاً، يحتوي على ذرة هيدروجين ـ 2، أو جزيئا واحداً من كل 32000 جزيء يحتوي على ذرتين من الهيدروجين ـ 2 أو جزيئا من كل 5,750,000 يحتوي على ثلاث ذرات منه.

وهذا ليس بالكثير. فمن السهل أن نشبع غذاء الجرذ بأحماض دهنية ذات «علامات مميزة نظائرياً» تحوي من الهيدروجين - 2 أكثر مما في كامل كمية الدهن في الوجبة، ثم نتتبع العلامة المميزة. وبعد أن يكون الجرذ قد هضم وامتصّ واستقلب الدهن، يمكن قتله وفصل الدهن فيه إلى مختلف أحماضه الدهنية. وهذه يمكن أكسدتها إلى ثاني أكسيد الكربون وإلى ماء، ويمكن تحليل الماء بواسطة مطياف الكتلة لتحديد محتواه من الهيدروجين - 2. وأي زيادة عن كمية طبيعية ضئيلة جداً، سوف تكون مستمدة من الدهن ذي العلامة المميزة الذي أعطي للجرذ.

منذ العام 1935، بدأ «شوينهايمر»، بالتعاون مع «ديفيد ريتنبرغ» (David Rittenberg (1906 -) سلسلة من مثل هذه التجارب على الجرذان.

عندما يأكل الحيوان الغذاء، يمتص جزءاً منه في جسمه، فيستخدم بعضه في بناء أنسجته الخاصة، ويؤكسد أجزاء أخرى للحصول على الطاقة التي تحتاجها وظائفه المختلفة. وأي فائض من الغذاء، يُختَزَن بشكل مواد دهنية، كمخزون احتياطي من الطاقة، للحالات التي قد لا يجد فيها الحيوان ما يأكله.

لماذا المواد الدهنية؟ لإنها المادة الأكثر كثافة التي يمكن للجسم بواسطتها تخزين الطاقة. فالكمية المعينّة من الدهن، عند تأكسدها، تطلق ضعف الطاقة

التي تطلقها نفس الكمية من الكربوهيدرات(*) أو البروتيين.

كان من المفترض وفقاً للاعتقاد السائد، ان هذه المخزونات الاحتياطية من المواد الدهنية تتكدس ولا تتفاعل مع الجسم، أي تبقى بلا حراك نسبياً؛ أن الجزيئات الدهنية تبقى في انتظار الحالات الطارئة لتُستخدَم. وبما أن الحيوان قد لا يُحرم من الغذاء إلا نادراً - أو حتى أبداً - فقد لا تدعى الجزيئات الدهنية للعمل أبداً، وتبقى في مكانها نائمة بهدوء، إذا صحّ التعبير.

ولكنها في الواقع ليست كذلك. فبعد أن أطعم «شوينهايمر» و«ريتنبرغ» الجرذان المواد الدهنية ذات العلامات النظائرية المميزة، انتظرا أربعة أيام، ثم قاما بتحليل المواد الدهنية المختزنة في أجسام الجرذان، فوجدا أن نصف ذرات الهيدروجين - 2 التي أكلتها الجرذان، موجود في خزين المواد الدهنية. كان معنى هذا أن الجرذ (وافتراضاً أي حيوان آخر أيضاً) كان يستخدم باستمرار، جزيئات من خزين المواد الدهنية، ثم يستبدلها بجزيئات أخرى، أو بتعبير آخر، ان المخزون الدهني كان باستمرار يتبادل ذرات الهيدروجين مع بعضه البعض، ومع الجزيئات الجديدة الوافدة. وفي أي من الحالين، كان هناك نشاط سريع ودائم.

جرّب «شوينهايمر» و «ريتنبرغ» نماذج أخرى من العلامات النظائرية المميزة أيضاً. وحصلا على امداد بالنتروجين - 15 من «يوراي»، فاستخدماه لتأليف أحماض أمينية. والأحماض الأمينية هي أحجار البناء في جزيئات البروتيين، وهناك على الأقل ذرة نتروجين واحدة في كل حمض أميني. فالحمض الأميني الذي يحتوي على نتروجين - 15، يمكن إعطاؤه للجرذ ثم تتبعه.

تبيّن أن ذرة النتروجين لم تبقَ في الحمض الأميني الخاص الذي أعطي للجرذ، إذ وُجد بعد فترة قصيرة جداً، في أحماض أمينية أخرى.

وتحوّل الأمر إلى قاعدة عامة مفترضة. فالجزيئات التي تُكوّن الجسم، لا تمكث فيه وهي راكدة. في انتظار إشارة ما، بأن ثمة حاجة إلى تحوّلٍ كيميائي يشملها. فبدلاً من ذلك، تبقى في تفاعل مستمر.

وهذه التفاعلات لا تستوجب بالطبع تحولاً كلياً. فقد يتخلّى الجزيء عن ذرتي هيدروجين، ثم يعود لاخذهما من جديد؛ وقد يتخلّى عن الذرات المكوّنة

(*) المواد النشوية والسكرية - المترجم.

لجزيء الماء، ويأخذها من جديد؛ وقد يتخلّى عن مجموعة تحتوي على النتروجين، ثم يستعيدها ثانية. والجزيء ذو الحلقة من الذرات، قد يكسر الحلقة، ثم يعود لتكوينها، في حين أن الجزيء ذا السلسلة المستقيمة من الذرات، قد يُشكّل حلقة ثم يكسرها. ويمكن لجزيئين اثنين أن يتبادلا ذرات متماثلة أو مجموعات ذرية من دون تغيير في وضع أي منها.

لم يكن بالإمكان إثبات شيء من هذا بدون استخدام مركّبات ذات علامات نظائرية مميزة. ولكن بعد أن دخلت هذه العلامات حيّز الاستعمال، وأثبتت وجود تلك التغيرات الجزيئية الدائمة، أصبح بالإمكان (مؤخراً) أن ندرك أسباب ذلك.

فإذا بقيت الجزيئات هامدة ساكنة بلا نشاط كيميائي وبانتظار الطوارىء وحسب، فسوف يكون هنالك تغيّر عنيف في الوسط الجزيئي، عند وقوع الحالة الطارئة، لتحويل السكون إلى حركة فاعلة. وهذا بالطبع يستغرق وقتاً «لاستيقاظ» الجزيئات، وإعداد آلية العمل بكاملها. ومن غير المحتمل بالنتيجة أن تتمكن العضوية(*) organism من مواجهة الحالة الطارئة بالسرعة الكافية.

ومن جهة أخرى، فإذا كانت الجزيئات في عمل مستمر، ترتعش (لو صحّ التعبير) في مكانها، فإن الأمر لا يعود يستوجب ـ عند الحالة الطارئة ـ سوى تغيرات طفيفة. فالجزيئات التي تمر بمختلف التغيرات في كل حال، لن يكون عليها إلا أن تسارع بعضها وتباطىء بعضاً آخر، ويمكن القول ان الآلية بكاملها سوف تكون جاهزة.

لو كان في تاريخ الأرض المبكّر، كائنات حية لم تُفِدْ من الجزيئات ذات النشاط الدائم (وهذا ما أشك فيه)، لكانت مرفوضة في السباق التطوري، في حين ان الكائنات الأخرى التي «لها» جزيئات دائمة النشاط، تابعت نموّها.

نشر «شوينهايمر» كتاباً عنوانه «الحالة الديناميكية لمكونات الجسم» يصف فيه، ويشرح سائر مكتشفاته، فأحدث دوياً في عالم الكيمياء والكيمياء الحيوية. ولكنه انتحر، في 11 أيلول 1941، وهو بعمر ثلاثة وأربعين عاماً.

لا أدري لماذا فعل ذلك. والأكيد انه فرّ من هتلر. وفي أيلول 1941 بدا أن المانيا هي المنتصرة. فكل أوروبا كانت تحت سيطرتها. وبريطانيا العظمى بالكاد

(*) الكائن الحي ـ المترجم.

احتملت الحرب الجوية الخاطفة، والاتحاد السوفياتي الذي كان يتعرض للغزو بدا وكأنه ينهار تحت وطأة الهجوم الالماني الكاسح. وكانت اليابان إلى جانب النازيين، في حين كانت الولايات المتحدة مجمّدة تحت ضغط انعزالييها. وأذكر جيداً الرعب والانهيار في تلك الفترة لدى كل من عنده أسباب للتخوّف من النظريات النازية العرقية. قد تكون لدى «شوينهايمر» أسباب شخصية أيضاً، إلا أنني لا أستطيع تجاهل إسهام الوضع العالمي في ذلك.

وبكل حال، فقد كانت مأساة من عدة وجوه. فلنعتبر ان «شوينهايمر»، أسس تقنية العلامات النظائرية المميزة، وانه في سياق العملية، أحدث ثورة في نظرتنا إلى الاستقلاب. ولنعتبر أيضاً أن الأعمال اللاحقة (التي كان لا بد «لشوينهايمر» أن يشارك فيها لو بقي على قيد الحياة) أفادت من تلك العلامات، فحلّت العديد من مسائل الاستقلاب بالتفصيل. فإنه ليبدو من المؤكد أن ينال «شوينهايمر»، وفي غضون سنوات قليلة، جائزة نوبل، لو هو سمح لنفسه بالبقاء حياً.

والأكثر من ذلك، انه لم يعش ليرى ذروة اكتشاف شكل آخر من العلامات النظائرية المميزة في أعقاب الحرب العالمية الثانية. فهو نفسه، لو تسنّى له معرفة ذلك، لكان تحسّر على تلك الخسارة أكثر من تحسره على خسارة جائزة نوبل.

وسنعالج هذا الشكل الآخر من العلامات في الفصل التالي.

3

عواقب الفطيرة

في 11 تشرين الثاني 1985، قال لي البواب وأنا داخل: «إنك في الصفحة السادسة من «النيويورك پوست» (New York Post) يا دكتور عظيموف».

وارتفع حاجباي. فالصفحة السادسة تتحدث عن الأمور الشخصية ـ صفحة القيل والقال. هذا على الأقل، ما يقال لي. فأنا غالباً لا اقرأ «الپوست». سألت الحاجب: «ما الموضوع؟» فتبسم ابتسامة عريضة: «كنت تُقبّل امرأة يا دكتور عظيموف».

ثم ناولني الصحيفة.

وتقبيلي امرأة لا يُشكلّ خبراً. فعندي ان النساء جميعاً خُلِقنَ للتقبيل. فلماذا تنزعج صحيفة «الپوست»؟ وفتحت الصحيفة على الصفحة السادسة وأنا في المصعد إلى منزلي.

دخلت شقتي وقلت لزوجتي العزيزة «جانيت» (Janet):

لقد حصل أخيراً يا «جانيت». قبّلت امرأة، فصار الأمر حديث أعمدة الصحيفة».

فقالت وهي تعرف كل شيء عن ضعفي المحبب:
«آه، كلا. . الآن سوف يتصل كل معارفنا، ليخبروني بذلك».
فقلت: «وما همّ؟» ثم ناولتها الصحيفة. وها هو الخبر بالكامل:

«إن فتى المدينة كالدكتور عظيموف لا يحتاج إلى سينما في العراء. فكاتب العلوم الخيالية المكثر لا يبدو مكترثاً بمن رآه يعانق ويقبّل امرأة في أكاديمية نيويورك للعلوم، شارع 63 الشرقي، خلال تقديم عرض (TBS) الجديد: «خلق الكون». ولماذا يكترث؟ فالسيدة كانت زوجته منذ 12 عاماً، جانيت جپسون. ولعل العنوان هو الذي أثار عواطف الزوجين الستينيين».

وضحكت «جانيت» من كل قلبها. وبلغ من سرورها انها لم تنزعج من وصفها بابنة الستين، رغم كونها حينذاك (5 تشرين الثاني) ابنة 59 سنة وربع السنة فقط.

وقلت لها: «هنالك ما هو أهمّ يا «جانيت». فكّري بما يكشف لنا الخبر عن مجتمعنا. رجل في آخر شبابه، يُقبّل زوجته، ويُعتبر الأمر غريباً بحيث تتناوله الصحف».

ومع ذلك، فالأمور الغريبة لا تسجلها الصحف وحدها، بل حتى كتب التاريخ ـ بحيث تكتسب أتفه الأشياء أهمية خاصة. ففي تاريخ العلوم مثلاً، هنالك الحادث المنحوس لصاحبة المنزل وفطيرة الأحد ـ.

وتشمل الحكاية أحد الكيميائيين المجريين «جيورجي هيڤيزي» Gyorgy Hevesy (1885 - 1955). كان والده صناعياً منحه أمبراطور النمسا والمجر، فرنسيس جوزف الأول رتبة النبلاء، بحيث كان العالم الكيميائي يسمى أحياناً «ڤون هيڤيزي».

سنة 1911، تشاجر «هيڤيزي» مع صاحبة المنزل. وادعى ان بقايا الفطيرة التي كانت تقدمها له أيام الآحاد في العادة، كان يعاد تصنيعها فتضاف إلى الطعام في باقي أيام الأسبوع. (شخصياً، لا أرى في هذا عملاً إجرامياً. ولكن في تلك المرحلة قبل تواجد وانتشار التبريد المنزلي الفعال، قد تُشكّل إعادة التصنيع هذه مجازفة خطرة). وقد نفت صاحبة المنزل هذه التهمة بشدة.

والذي حدث، ان «هيڤيزي كان يعمل في مختبر «أرنست رذرفورد» Ernest Rutherford بـ كامبردج (Cambridge) آنذاك. وكان «رذرفود» وتلامذته منهمكين كلياً بالأبحاث حول الإشعاع الذري. وهذا يعني انه كان في مقدور

«هيفيزي» الحصول على كمية يسيرة جداً من المادة المشعة. والذي استعمله فعلاً، كان جزءاً ضئيلاً جداً من بقايا تفكك عنصر الثوريوم.

بعد انتهاء وجبة الأحد ذات إسبوع، أضاف «هيفيزي» رشة قليلة من المادة المشعة إلى الفطيرة، من دون أن يراه أحد. وفي يوم الأربعاء التالي، قُدّمت إليه وجبة نفيخ(*)، فأخرج «هيفيزي» مِكشافه Electroscope الكهربائي.

ويتألف المكشاف الكهربائي من ورقتيِ ذهب داخل حجيرة، مربوطتين إلى قضيب معدني ينفذ أحد طرفيه إلى خارج الحجيرة. فإذا لامس هذا الطرف الخارجي جسماً مشحوناً كهربائياً، تنشحن الورقتان الذهبيتان بنفس التيار، فتبتعد إحداهما عن الأخرى، بحيث تشكّلان الرقم 8.

وإذا تعرض هذا المِكشاف المشحون إلى إشعاع قوي كالذي تصدره المواد المشعة، فإن الشحنة تتلاشى، وتعود الورقتان الذهبيتان متلاصقتين كما قبل. وعندما قُرّب المكشاف من النفيخ، تلاقت الورقتان على الفور. وبتعبير آخر، كان النفيخ مشعاً، وما ذلك إلا لأنه يحتوي على فتات من فطيرة الأحد.

أي ان «هيفيزي» وسم الفطيرة بعلامة مميزة مشعة، ثم تتبع آثار تلك العلامة. كان ذلك أول استخدام في التاريخ «للمُسْتَشِفّ المشع» radioactive tracer ولو من أجل غاية تافهة.

استخف «هيفيزي» نفسه بالحدث واعتبره غير ذي شأن. ولكنه لا يمكن أن يكون كذلك. فقد دفعه على الأقل إلى التفكير بالتتبع الإشعاعي، فكانت له نتائجه.

سنة 1913، طبّق مبدأ التتبع الإشعاعي على مسألة كيميائية. فالعديد من مركّبات الرصاص، لا يذوب إلا قليلاً. ومن المفيد كيميائياً معرفة مقدار قابلية الذوبان لكل مركّب، ولكن يتعذر قياس ذلك بدقة. ولنفرض اننا طحنّا أحد مركّبات الرصاص وأضفناه إلى الماء، ثم حرّكناه بحيث يذوب منه أكبر مقدار ممكن، وقمنا بعد ذلك بترشيح المسحوق الذائب، وتحليل السائل الصافي لمعرفة الكمية المذابة. فسنجد ان الكمية ضئيلة جداً بحيث يتعذر تحديد نسبة تركيزها بشكل دقيق تماماً.

وقرر «هيفيزي» انه يكفي خلط الرصاص العادي مع الرصاص - 210

(*) نوع من الأطعمة يحتوي على البطاطا والحليب وينتفخ عندما يُطهى في الفرن ـ المترجم.

الـذي يتكوّن في سيـاق تفكـك اليـورانيـوم، والـذي كـان يُعـرف آنـذاك «بـالراديـوم ـ د». ويختلط الـرصـاص - 210 مـع الـرصـاص العـادي ومـا دامت خصـائصه الكيميـائية ممـاثلة لخصائص الـرصاص العـادي، فـإنـه يخضـع لأي تغيرات يخضع لها هذا الأخير. يصنع بعد ذلك من الرصاص مع مزيده المشع، مـركب خاص يحتـوي على نسبة ضئيلة من الـرصاص - 210. ويمكن تحـديـد كمية الرصاص - 210 الموجودة بكل دقة، عن طريق قياس قوة الإشعاع الذري، وهو قياس دقيق جداً في نتائجه رغم ضآلة الكمية الموجودة.

فإذا أذيب مركّب الرصاص، يذوب كذلـك محتواه من الـرصاص - 210، وبنفس نسبة ذوبان المركّب نفسه. وبقياس نسبة الـرصاص - 210 المـوجودة في المحلول، نكـون قد عـرفنا تلقـائياً نسبـة مجموع الكميـة الذائبـة من المـركّب. وبهذه الطريقة يمكن تحديد الذوبانية بدقة أكبر بكثير مما تتيحه الطرق السابقة.

وبحلول العـام 1918، كان «هيڤيـزي» يستخدم كـلاً من الرصـاص المشع والبزموت المشع لدراسة سلوك مركّبات الهيدروجين في هذين المعدنين.

ثم في العام 1923، استخدم «هيڤيزي» مستشفّات إشعاعية لأول مـرة، في أبحـاث الكيمياء الحيـوية. فـأضـاف كميـات ضئيلة من محلول الـرصـاص إلى السائل الذي يروي النباتات التي يعمل عليها. والنباتات تمتص الأملاح المعدنية في التـربة، واحتمـالاً، مـركّبـات الـرصـاص، بكميـات قليلة جـداً. واستخـدم «هيڤيزي» لهذه الغاية، مركبات رصاصية تحتوي على قليل من الرصاص المشـع - 210. وبفتـرات مختلفة، أحـرقت النباتـات، وجـرى تحليـل الـرمـاد لمعـرفـة الإشعـاع. وبهذه الـطريقـة، أمكن التعـرف إلى سيـر امتصـاص الـرصـاص في مختلف أجزاء النباتات بكل دقة.

إلا أن ثمة حدوداً لاستخدام الرصـاص والبزمـوت، خصوصـاً في مسائـل الكيمياء الحيوية، لأن أيا من العنصرين لا يتواجد طبيعياً في الأنسجة الحية (إلا في حال تلوث طارىء). ولهـذا السبب، فإن تقـارير «هيڤيـزي» التي بدا ان لهـا بعض الفـائدة، اعتبـرت غير مجـدية. ولم تتبيّن نتـائج أعمـاله البـالغـة الأهميـة (وكذلك فطيرة الأحد لصاحبة المنزل) إلا في العام 1943، حيث مُنح جائزة نوبل في الكيمياء.

وإليكم كيف اتخذ التتبع الإشعاعي الأهمية الكبيرة.

يبدو للنظرة الأولى ان الإشعاع الذري يقتصر كلياً على العناصر الغريبة في الطرف الأعلى من الجدول الدوري. فاليورانيوم (العنصر رقم 92) والثوريوم (رقم 90) يتفككان وينتجان عشرات الأصناف المختلفة. وهذه الأصناف تحوي عدداً من الذرات يتدنى إلى 82، ولكن لا أقل من ذلك. (كان هناك عدد أكبر بكثير من نواتج التفكك لكل منهما، تختلف أرقامها الذرية. وكانت هذه الظاهرة أول ما وضع «فريدريك سودي» على طريق النظائر ـ كما أشرت في الفصل الأول).

بين سائر نواتج التفكك، كانت نظائر الرصاص (82) والبزموت (84) هي نظائر لعناصر ذات نظائر ثابتة أيضاً. وبيّنت دراسات الظواهر الإشعاعية في العشرينات، إن لا نظائر مشعّة لأي عنصر ذي رقم ذري أقل من 82، فبدا أنه من المعقول الافتراض، وبكل بساطة، ان لا وجود لمثل هذه النظائر المشعة في العناصر الأخف وزناً.

ثم جاءت أعمال «فريدريك جوليو كوري» Frederic Joliot - Curie (1900 - 1958) وزوجته «إيرين جوليو كوري» Irene Joliot - Curie (1897 - 1956) التي كانت ابنة السيدة «ماري كوري» Madame Marie Curie الشهيرة.

كان الزوجان «جوليو كوري» منهمكَيْن في رجم bombardment الذرات الخفيفة كالبورون والمغنيزيوم والألومينيوم، بجسيمات ألفا، وهو نوع من الإشعاع لبعض المواد المشعة. وكان «رذرفورد» قد بدأ مثل هذا العمل، لأنه أول من لاحظ ان النواة الذرية تتغيّر نتيجة ذلك.

يتألف جُسَيم ألفا من پروتونَين ومن نيوترونَين. وعندما يصطدم بنواة ذرة خفيفة، قد يحدث أن يبقى النيوترونان مع پروتون واحد في النواة، وان ينطلق الپروتون الآخر بعيداً. وهذا ما لمسه «رذرفورد» أول الأمر، عندما رجم النتروجين سنة 1919، بجسيمات ألفا. كانت نواة النتروجين تحوي 7 پروتونات و 7 نيوترونات، فإذا أضيف إليها پروتون واحد ونيوترونان اثنان من جسيم ألفا، أصبح لدينا مادة ناتجة ذات 8 پروتونات 9 نيوترونات.

والنواة ذات 8 پروتونات و9 نيوترونات، هي نواة الأكسجين - 17، ومع كونها نادرة في الطبيعة، إلا أنها مستقرة Stable. وبالتالي، فقد حوّل «رذرفورد» النتروجين - 14 إلى أكسجين - 17، فانجز بذلك عملية تحويل أحد العناصر

إلى عنصر آخر، وهي العملية التي عجز عنها الخيميائيون(*) الأوائل.

وحصل الزوجان «جوليو كوري» على نتائج مماثلة. فوجدا، سنة 1933، أن رجم الألومينيوم - 27 (نواة ذات 13 پروتوناً و14 نيوتروناً) بجسيمات ألفا (المؤلفة من پروتونين ونيوترونين)، نتج عنه زيادة پروتون واحد ونيوترونين إلى النواة، بحيث أصبحت مؤلفة من 14 پروتوناً و 16 نيوتروناً، وهي نواة السليكون - 30، أحد نظائر السليكون النادرة ولكن المستقرة.

كان معنى هذا بالطبع، ان ثمة پروتونات تنطلق كالعادة، من الألومينيوم المرجوم، الأمر الذي لا يُستغرب إطلاقاً. ثم لاحظ الزوجان «جوليو كوري»، ان هنالك كمية ما من النيوترونات والپوزيترونات(**)، تنطلق كذلك، إضافة إلى الپروتونات. كان هذا أكثر غرابة من سابقه، ولكن إلى حدٍ ما.

فالنيوترون (الذي اكتُشِف سنة 1931، أي قبل أربع سنوات من ذلك فقط) شبيه جداً بالپروتون، مع فارق وحيد، هو ان النيوترون لا شحنة كهربائية له، في حين أن للپروتون شحنة (+1). أما الپوزيترون (الذي اكتشف قبل ذلك بسنتين فقط)، فهو خفيف جداً بالمقارنة مع الپروتون والنيوترون، ولكنه كالپروتون ذو شحنة كهربائية (+1). فإذا جمعنا بين النيوترون والپوزيترون، تكوّن لدينا جسيم ذو كتلة تساوي كتلة النيوترون، وشحنة (+1)، أي إنه پروتون. وبالتالي، فإذا تكوّن لدينا، نتيجة تفاعل نووي، پروتون واحد، فمن المعقول، في هذا التفاعل النووي بالذات، أن يتكوّن لدينا نيوترون واحد مع پوزيترون واحد، وهما معاً، يساويان الپروتون.

إلى هنا، وكل شيء على ما يرام. ثم في العام 1934، لاحظ الزوجان «جوليو كوري»، انه إذا توقف الرجم بجسيم ألفا، يتوقف إنتاج الپروتونات والنيوترونات كذلك، وفي الحال. وهو أمر يجب توقعه. ولكن، هنا كانت المفاجأة الكبيرة. فإنتاج الپوزيترونات «لم» يتوقف! بل بقي بمعدل يتضاءل مع الزمن، ويشكل ميزة للتحوّل الإشعاعي.

فماذا كان يحدث؟.

افترض الزوجان «جوليو كوري» في البداية ان ذرة الألومينيوم أطلقت في

(*) تعبير قديم للمشتغلين بالكيمياء الذين كان يسعون لتحويل المعادن الخسيسة إلى ذهب ـ المترجم.

(**) جسيم موجب دو كتلة تعادل كتلة الالكترون ـ المترجم.

نفس الوقت، نيوتروناً وبوزيتروناً، وبما ان هذا يعادل إطلاق بروتون، فإن الألومينيوم كان يتحوّل في كلتي الحالين إلى سليكون - 30. وكون إطلاق النيوترونات قد توقف مع استمرار إطلاق البوزيترونات، قد يعني أن انتاج هذين الجسيمين كان بشكل فردي، مستقل أحدهما عن الآخر. ولنفرض أولاً، انه تم إنتاج نيوترون واحد وإطلاقه.

قد يعني هذا انه عندما اصطدم جسيم ألفا بنواة الألومينيوم - 27، فإنها امتصت من الجسيم بروتونين اثنين ونيوتروناً واحداً، وقذفت النيوترون الثاني. وبالتالي، فإن الـ 13 بروتوناً والـ 14 نيوتروناً في الألومينيوم - 27، تتحوّل إلى 15 بروتوناً و 15 نيوتروناً، وهذا نواة الفوسفور - 30.

إلا ان الفوسفور - 30، «لا» يتواجد في الطبيعة. فذرات الفوسفور المتواجدة في الطبيعة، لا تكون إلا على شاكلة ذرية واحدة - أي الفوسفور - 31 (15 بروتوناً و 16 نيوتروناً). ولا وجود لأي نظير فوسفوري آخر في الطبيعة.

ومع ذلك، فلنفرض أن تكوّن لدينا الفوسفور - 30. فيجب أن يكون مشعاً، لأن هذا يفسّر عدم تواجده في الطبيعة. فحتى لو تكوّن بشكل أو بآخر، فلا بد من أن يتفكك بسرعة.

وماذا، في الواقع، لو ترافق تفكك الفوسفور - 30 مع إطلاق بوزيترونات؟ قد يُفسّر هذا لماذا استمر إطلاق البوزيترونات بعد توقف الرجم بجسيمات ألفا. لقد، كوّن الرجم الفوسفور - 30 بأسرع مما يستطيع هذا الأخير التفكك، بحيث أمكن تراكم بعض التركيز واستمر الفوسفور - 30 المتراكم في التفكك بعد توقف الرجم بجسيم ألفا.

ومن نسبة تضاؤل تكوين البوزيترونات، أمكن حساب العمر النصفي half - life للفوسفور - 30 الذي هو نحو دقيقتين ونصف الدقيقة (2.5).

إن إطلاق البوزيترون يشبه كثيراً إطلاق جسيم بيتاً. فجسيم بيتاً هو الكترون سريع بكل حال، والبوزيترون مماثل تماماً للالكترون، إلا أن الأول ذو شحنة (+ 1) والثاني ذو شحنة (− 1).

عندما ينطلق الكترون من النواة، يتحول نيوترون ذو الشحنة صفر، إلى بروتون ذي شحنة (+ 1). وبكلمة أخرى، فعندما تخسر النواة شحنة سالبة (عن طريق إطلاق الكترون)، يعني ذلك انها كسبت شحنة موجبة (عن طريق تحويل نيوترون إلى بروتون).

وبالطبع، فإن إطلاق البوزيترون، يفعل عكس إطلاق الإلكترون، ما دام البوزيترون نقيض الالكترون. فإذا كان إطلاق الالكترون، يُحوّل النيوترون إلى بروتون، فإن إطلاق البوزيترون يُحوّل البروتون إلى نيوترون. وإذا أطلق الفوسفور - 30 بوزيتروناً، تحوّل بروتوناته الـ 15 ونيوتروناته الـ 15 إلى 14 بروتوناً و16 نيوتروناً، فأصبح السليكون - 30.

حصيلة ذلك إذن، انه إذا رجمنا الألومينيوم - 27 بجسيمات ألفا، أمكنه أن يتحول إلى سليكون - 30 مباشرة، أو أن يتحوّل إلى سليكون - 30 بصورة غير مباشرة، عبر الفوسفور - 30. وبالتالي، فإن الزوجين «جوليو كوري» كانا أول من أثبت وجود «الإشعاع الذري الاصطناعي». واعتُرِف بأهمية ذلك في الحال، فمنح الزوجان جائزة نوبل للكيمياء، سنة 1935.

بعد أن فتح الزوجان «جوليو كوري» الطريق، تبعهما باحثون آخرون، فاكتُشِف العديد من «النظائر المشعة» (Radioisotopes)، وعُرِفَ في النهاية ان لكل عنصر في الجدول بدون استثناء، نظائر مشعة.

ومن الواضح أن «النظائر المشعة» يحتمل أن تشكل علامات مميزة أفضل من النظائر الثابتة ولكن النادرة. ولا يمكن اكتشاف النظير الثابت وقياس تركيزه إلا بمطياف الكتلة ـ وهي عملية مملة وصعبة. أما النظائر المشعة، فيمكن اكتشافها وقياس تركيزها بشكل أسرع. وأسهل.

كان «هيفيزي» أول الرواد هنا أيضاً. ففي سنة 1935، درس امتصاص النبات لأيونات(*) ions الفوسفور من المحلول، مستخدماً الفوسفور المشع بمثابة دالٍ.

وبالطبع، هنالك صعوبات في استحدام النظائر المشعة.

فماذا لو كان العمر النصفي قصيراً؟.

كما أسلفت، فإن العمر النصفي للفوسفور - 30 هو 2.5 دقيقة. ومن الواضح ان أي اختبار يستخدم الفوسفور - 30، يجب أن ينجز من أوله إلى آخره في غضون دقائق معدودة، وإلا فإن الفوسفور - 30 يكون قد تضاءل إلى حد يستحيل معه اكتشافه بدقة كافية. ولحسن الحظ، فالفوسفور - 32 نظير مشع

(*) يعرف الأيون أيضاً باسم «الشاردة».

آخر لهذا العنصر ـ يتمتع بعمر نصفي قدره 14.3 يوماً، وهذا أفضل بكثير.

من وجهة نظر الكيمياء الحيوية، فإن أهم العناصر الخمسة هي: الهيدروجين (رقم 1) والكربون (رقم 6) والنتروجين (رقم 7) والأكسجين (رقم 8) والكبريت (رقم 16). وبالنسبة إلى الكبريت، هنالك النظير المشع الملائم: الكبريت - 35، وعمره النصفي 87 يوماً.

أما الهيدروجين، فبدا إنه مسألة أكثر إرباكاً وفي الواقع، قد يكون ثمة سبب للافتراض بانه، حتى مع وجود نظائر مشعة لسائر العناصر الأخرى، قد لا يكون للهيدروجين أي نظير مشع. فهو، بعد كل شيء، أبسط العناصر. فكيف يتفكك؟.

في الواقع، تتكون النواة العادية للهيدروجين من پروتون واحد، ولا شيء آخر. وعليه يجب أن يكون مستقراً. وحتى عندما اكتشف الهيدروجين - 2 (دوتيريوم) بنواة مؤلفة من پروتون واحد ونيوترون واحد، فإن هذا الأخير كان مستقراً أيضاً.

ولكن منذ اكتشاف الدوتيريوم، استخدمه العلماء في عدد من الطرق المختلفة، ومن بينها، للرجم بالنيوترونات.

والنيوترونات ليست مشحونة كهربائياً، ولا يمكن تسريعها كما في الجسيمات المشحونة. ويعني هذا انه إذا كان لدينا مصدر للنيوترونات، فعلينا أن نأخذها بالطاقات التي تنتجها، ما دمنا لا نستطيع تسريعها إلى طاقات أكبر. والطاقات الموجودة، لا تكون عادة هي الطاقات التي تتطلبها الاختبارات.

إن نواة الدوتيريوم أو «الدوتيرون» deuteron، المؤلفة من پروتون واحد ونيوترون واحد، «يمكن» تسريعها، ما دامت ذات شحنة (+ 1). وبالتالي، يمكن رجم نوى الذرات بالدوتيرون السريع وذي الطاقة العالية.

ويصادف مع ذلك ان الپروتون والنيوترون في الدوتيرون، ضعيفا التماسك، بالمقارنة مع الروابط في النوى الأخرى. وعندما يقترب دوتيرون سريع من النواة (المشحونة بشحنة موجبة)، تطرد النواة الپروتون. ويمكن أن ينفصم عندئذٍ الرباط بين الپروتون والنيوترون، بحيث يُقذَف الپروتون خارج النواة، فينطلق في غير اتجاه. إلا أن النيوترون غير المشحون، لن يتأثر بشحنة النواة الكهربائية، بل يتابع طريقه بسرعة إلى الأمام، وعندها يصدم النواة ويندمج معها.

سنة 1934، قام فيزيائي استرالي، «ماركوس لورانس إلوين أوليفانت» Marcus Laurence Elwin Oliphant (1901 -) برجم الدوتيروم نفسه بالدوتيرونات السريعة. فكان پروتون الدوتيرون دائماً ينقذف بعيداً، ويبقى النيوترون متجهاً إلى الأمام فيصدم نواة الدوتيريوم (دوتيرون ذو طاقة ضئيلة) ويبقى فيها. وتكون النتيجة نواة ذات پروتون واحد ونيوترونين، أي «هيدروجين - 3» أو ما يسمى غالباً «تريتيوم» tritium، ومكتشفه هو «أوليفانت».

وتبين أن الهيدروجين - 3 مشِعّ وانه النظير المشع الوحيد للهيدروجين. وهو يتفكك بقذفه الكتروناً واحداً (جَسيم بيتا)، بحيث يتحول داخل نواته نيوترون إلى پروتون. والنواة الناتجة ذات پروتونين ونيوترون واحد، هو الهليوم - 3، وهي نواة نادرة جداً، إلا أنها مستقرة.

يبلغ العمر النصفي للهيدروجين - 3 حوالي 12.26 سنة، وبالتالي يمكن استخدامه علامة مميزة بوصفه نظيراً مشعاً.

والحظ السعيد الذي رافق علماء الكيمياء الحيوية مع الكبريت والهيدروجين، أفشلهم مع الأكسجين والنتروجين.

فأقل نظائر النتروجين المشعة استقراراً، هو النتروجين - 13 (7 پروتونات، و6 نيوترونات)، إذ لا يزيد عمره النصفي عن 10 دقائق. أما الوضع مع الأكسجين، فهو أسوأ. إن أكثر نظائر الأكسجين المشعة استقراراً نسبياً، هو الأكسجين - 15 (8 پروتونات، و7 نيوترونات: وعمره النصفي لا يتعدى دقيقتين.

ولا يصلح أي منهما كدالٍّ استشفافي، ما داما سريعي الزوال. والأكثر من ذلك، إنه من الأكيد الأكيد اننا لن نجد نظيراً مشعاً لأي منهما، ذا عمرٍ نصفي أطول. فبالنسبة إلى هذين العنصرين، لا بد من الالتزام بالنظيرين المستقرين والنادرين، الأكسجين - 18، والنتروجين - 15، كدالّين مميّزين. (ومع أنه لا مجال للتذمر. فنحن محظوظون بوجودهما. وقد خدما الكيميائيين الحيويين كثيراً).

لفترة ما، لم يبدُ أن الكربون، و«هو» أهم عنصر في الكيمياء الحيوية على الإطلاق، سوف يكون أفضل من سابقيه. فخلال الثلاثينات كان أقل نظائر الكربون المشعة المعروفة، هو الكربون - 11 (6 پروتونات، و5 نيوترونات)، وعمره النصفي 20.4 دقيقة.

وهو عمر قصير، إلا ان الكيميائيين الحيويين ـ ولصالح الكربون ـ حاولوا جهدهم لاستخدامه. فصمموا اختبارات يمكن إنجازها خلال ساعة. ولهذا بعض الحسنات. فإذا كان الاختبار ناجحاً، أمكن إعادته تكراراً تحت شروط متغايرة، من دون إضاعة تذكر في الوقت، ثم إن النظير المشعّ القصير العمر ينتج إشعاعاً غزيراً (ولهذا السبب يقصر عمره)، وبالتالي، يمكن الاكتفاء بكمية ضئيلة جداً. ولكن مع ذلك، وعلى الرغم من إنجاز بعض الأعمال الناجحة بواسطة الكربون - 11، فإن فرص استخدامه كانت محدودة.

كان من المعروف ان الكربون - 14 يجب أن يكون موجوداً، وانه سيكون مشعاً. ومن بين أخفّ العناصر، هنالك نظير واحد مستقر بالنسبة إلى عدد مُعيّن من البروتونات والنيوترونات في النواة. فالنتروجين - 14 (7 بروتونات 7 نيوترونات) هو مستقر. وكذلك الكربون - 14 (6 پروتونات و8 نيوترونات) كان لا بد مستقراً. كما كان من المتوقع أن يتفكك، بقذف الكترون واحد، وتحويل نيوترون إلى پروتون. وهذا ينتج النتروجين - 14.

كان النقاش الوحيد حول ما يمكن أن يكون العمر النصفي للكربون - 14. واعتقد الكيميائيون خلال الثلاثينات، أن عمره النصفي قد يكون بعض كسور الثانية. وجربوا تكراراً عزل بعض أشكال التفكك الإشعاعي التي يمكن أن تنسب إلى الكربون - 14، ولكنهم كانوا دائماً يفشلون. ومع كل فشل، كان يتأكد قِصَر عمر نصف الكربون - 14 أكثر فأكثر، وانه لهذا السبب لم يمكن عزله.

ثم في العام 1939، قام أحد الكيميائيين الحيويين، الكندي ـ الأميركي «مارتن ديفيد كامن» Martin David Kamen (1913 -) بمجهود مضنٍ، لتحري كل تفاعل نووي يمكن أن يُنتج، احتمالاً، الكربون - 14، فاعتمد أنواعاً من الرجم، مستخدماً جسيمات البروتونات أو الدوتيرونات أو النيوترونات، لقصف ذرات البورون أو الكربون أو النتروجين.

بقيت النتائج سلبية حتى أوائل العام 1940. وعند ذلك قام «كامن» برجم الكربون، مستخدماً دوتيرونات ذات طاقة خاصة، فحصل على إشعاع ذري ضعيف ورافق الإشعاع الكربون في جميع تحولاته الكيميائية، وبالتالي كان يستلزم نظيراً للكربون.

ولإنتاج نظير كربوني، لا بد للدوتيرون من إضافة نيوترونه إلى نواة

الكربون، مع ترك پروتونه يذهب في سبيله. وإضافة نيوترون لن تُغيّر العنصر ولكن تزيد كتلته بقيمة 1. أي أن الكربون - 12، النظير المألوف، يتحول إلى كربون - 13 الذي هو مستقر أيضاً رغم كونه نادراً. إلا أن الكربون - 13 نفسه، يتحول إلى كربون - 14 مشعّ.

إذا كان الأمر كذلك، فمن الأفضل زيادة كمية الكربون - 13 في الكربون المعرّض للرجم. وهذا ما كان. وعندما جرى رجم الكربون المثرى بالدوتيرونات، ازداد الإشعاع كثيراً. وفي النهاية، تم الحصول على الكربون - 14 بمقادير كافية لدراسته، وأصيب عالم الكيمياء الحيوية بصدمة حقيقية: تبيّن ان الكربون - 14 ذو عمر نصفي من نحو 5730 سنة!.

ومع الكربون - 14، يمكن إجراء الاختبارات لمدى الحياة إن أردنا، ولن تكون ثمة أي معضلة في التعامل مع الإشعاع. فهو لن يتلاشى، بل يبقى مستقراً في الواقع.

ولكن بقيت هنالك عقبة، حتى مع حلول الأربعينات. فالنظائر المشعة لا يمكن انتاجها إلا بكميات ضئيلة، وبالتالي فهي باهظة الثمن. ولكن، وحتى بعد اكتشاف الكربون - 14، كان العلماء يعملون على انشطار اليورانيوم. ومع نهاية الحرب العالمية الثانية، تم تصميم المفاعلات النووية.

والمفاعل النووي مصدر لاعداد وفيرة من النيوترونات البطيئة الناتجة عن انشطار ذرات اليورانيوم. وهذه النيوترونات البطيئة يسهل اقتناصها بواسطة ذرات من مختلف الأنواع، وبالتالي يتكوّن عناصر ذات رقم كتلي أكبر، أو انه يمكن امتصاص نيوترون واحد، وطرد پروتون أو جسيم ألفا، بحيث يتكوّن نظير مشع لعنصر آخر. وبهذه الطريقة، يمكن تكوين نظائر مشعة ومفيدة، لأيٍ من العناصر ذات الأهمية للكيمياء الحيوية، بما فيها الهيدروجين - 3 والكربون - 14. ودخل العمل على الدالّ [الإشعاعي] عصره الذهبي.

كان الكربون - 14، بالطبع، أهم النظائر المشعة الدالّة الاستشفافية. وقد جاء مثال على نجاحه في ما يتعلق بالتخليق الضوئي Photosynthesis، ولكن سأترك هذا الأمر إلى يوم آخر. وبدلاً منه، سأعالج في الفصل التالي، مظهرين آخرين مهمين للكربون - 14، لا يتعلقان إطلاقاً بالعمل العادي على الدالّ.

4

العدو في الداخل

إن «لِستر دل ريّ» Lester del Rey في القمة بين كتاب الخيال العلمي، وهو إلى ذلك محرِّر وناقد. إنه خير من اعرف، استقامةً ونزاهةً وذكاءً، كما انه ـ ويسعدني قول هذا ـ واحد من أقدم أصدقائي. فقد عرفته منذ خمسة وأربعين عاماً.

وبالطبع، خلال هذه الفترة، ازدادت سِنُّه خمساً وأربعين سنة، فيما ازدادت سِنّي شخصياً أربع أو خمس سنوات.

أما علاقتنا، فعلاقة خاصة مميزة، إذ ليس بيننا ـ عندما نكون وحدنا ـ سوى دفء المحبة والصداقة. ولكن ما أن يطل شخص ثالث في الأفق، حتى تنقلب الأمور. . فيكشر «لستر» عن أسنانه، ويشرع في مهاجمتي.

وكما قلت تكراراً، فإن «لستر» على استعداد لأن يهبني قميصه الذي عليه. ولكني لن أنال منه كلمة لطيفة. .

ولا أريد بالطبع أن يأخذ القارىء فكرة خاطئة: فأنا أرد التحية بأحسن منها. . وأراني انتظر أن يقول لي ذات يوم: «خذ يا أسحاق، هذا قميصي الذي عليّ».

في هذه الحال، سأقول له ـ وأنا بفارغ الصبر: «قميصك الذي عليك؟

ومن ذا الذي يرغب فيه؟».

ما هَمّ. كنا منذ سنوات، نسجّل معاً مقابلةً تلفزيونية، وكنا، نحن الاثنين، نتحدث برِقّة، وبمنتهى الذوق واللياقة، حتى لتخالنا جديرين بكل احترام.

ومع اقتراب نهاية البرنامج، التفتت إليّ المرأة الأنيقة التي كانت تجري المقابلة وقالت: «أفهم يا دكتور عظيموف إنك لا تركب الطائرة. ويبدو غريباً أن الذي يجوب بخياله أرجاء المجرة، لا يركب الطائرة. فلماذا يا ترى؟».

واتعبني هذا السؤال.. بيد أني أجبت بطريقة مهذبة: «إنه بكل بساطة، خوف غير عقلاني».

عندها، هبّ «لستر» الذي كان يضبط نفسه طوال نصف ساعة، فقال: «بكلمة أخرى، هذا ما يُعرف بالجُبْن.. أما أنا، فعلى استعداد للطيران في أي وقت».

فأجبته على الفور، وقد نسيت كلياً اننا على التلفزيون: «ذلك لأن حياتك لا تساوي «شيئاً» يا «لستر»»..

وعلى هذا انتهى البرنامج، فشكرتنا المرأة الشابة بابتسامة عريضة. إلا إن موجة شعور بالاشمئزاز انتابتني، إذ وعيت بوضوح تام اننا سنكون على شاشة التلفزيون ذلك المساء.. وان زوجتي العزيزة «جانيت» سوف تشاهدنا.

وبالمصادفة، فهي مولعة جداً بـ«لستر». ورأيت من الأفضل ـ وبشيء من العصبية ـ أن أنقل إليها الخبر بدبلوماسية.

فطلبتها على الهاتف، وشرحت لها ماحدث.

وصاحت مرتاعة: «قلت هذا على «التلفزيون»؟» ثم راحت تبكي لأن لها قلباً أرقّ من فرو الشنشيلة(*).

فطلبت «لستر»: «أرجوك يا «لستر»، قل لها إنك لم تغضب أو تكترث!».

وحاول «لستر» جهده، ولكنها لم تهدأ. وطوال اليوم التالي كانت ترمقني وتكرر: «قلت هذا على «التلفزيون»».

وبلغ بي اليأس أخيراً أن أبديت عذراً منطقياً: «إن «لستر» كان البادىء». فهزمتني بإحدى ملاحظاتها المنطقية: «ليس هذا عذراً!».

(*) حيوان صغير كالسنجاب، ذو فرو ناعم ـ المترجم.

والآن، بعـد أن سردت تلك الـواقعة (كنت أتحـدث للتو مـع «لستر» على الهاتف فتذكّرتها)، من الأفضل أن أنساها. وسأتحدث عن الكربون - 14.

تحدثت حتى الآن، بشكل أو بآخر، عـن المستشفّات النظائـرية في ثـلاثة فصول متتالية، وسيكون هـذا الرابـع. تناولت في الفصـل الثالث الاكتشـاف غير المتـوقع، بـأن الكربـون - 14 كان نـظيراً مشعـاً ذا عمـر طـويـل. إذ يبلغ عمره النصفي 5730 عاماً.

وبما ان العمر النصفي بهـذا الطول، وبمـا أن الكربـون هو أكثـر العناصـر علاقة مركزية مع الحيـاة، نرى أن الكـربون - 14، قـد أصبح في الحـال، أهمّ دالٍّ استشفافي tracer في الكيمياء الحيوية.

ولكن إذا كـان العمر النصفي كمـا هو عليـه، فلن نجد اليـوم أي كـربـون - 14 في البيئـة الطبيعيـة، حتى مع طـول العمـر النصفي البـالـغ 5730 عـامـاً، بالمقارنة مع عِمر الإنسان، أو حتى مع تاريـخ الحضارة.

لقد اختُرِعت الكتـابة قبـل 3000 سنة من مـولد المسيـح. فإذا وُضِـع رطل (انكليـزي)(*) من الكـربـون - 14 تحت أول قـطعـة من الصلصـال clay، حُفِرَ عليها كتابـة مسماريـة، وبقـي الجسـمـان سالمَـين حتى يـومنا هـذا، لبقى نصف رطل من الكربون موجوداً إلى الآن.

على أن العمر النصفي هذا، ليس كبيراً إذا قورن بـالعصور الجيـولوجيـة. فلو كانت الكرة الأرضية بكاملها، كتلة صمّاء واحدة من الكربـون - 14، لتفكك كل جزء منها حتى الذرة الأخيـرة، في غضون مليـون سنة. ولا تشكـل السنوات المليون سوى 1/4600 من عمر الأرض. وإذا تكوّن الكربون - 14 بـأي طريقـة، قبل مليون سنة من الآن، فلن يبقى من النظير شيء حتى اليوم، أياً كانت كميتـه المتواجدة.

ولا نعـرف طريقـة طبيعية لتكـوّن الكـربـون - 14 في مـاضي الأرض، لا تكون فعّالة اليوم أيضاً. وبالتـالي، فإذا لم نجـد اليوم أي طـريقة طبيعيـة لتكون الكربون - 14 على الأرض، فلن نجـدها في أي زمن آخـر، ولن يكون ثمـة أي كربون - 14، إلا الكميات الضئيلة التي قد يستحدثها العلماء في المختبر.

(*) الرطل الإنكليزي (Pound) يساوي 453.6 غراماً ـ المترجم.

ولكن ثمة كمية ضئيلة من الكربون - 14، «موجودة» في الطبيعة. وما ذلك إلا لأن بعض الطرق تقوم بصنعه «حالياً».

اقترح الكيميائي اللاتفياوي ـ الأميركي «أريستيد ف. غروس» Aristid V. Grosse (1905 -)، سنة 1934، ان الإشعاعات الكونية تتفاعل مع ذرات الطبقة الهوائية، فتحدث تفاعلات نووية قد تؤدي إلى انتاج نظائر مشِعّة، من دون تدخّل الإنسان.

واثبتت التحريات آخر الأمر، انها لكذلك. فجسيمات الإشعاع الكوني التي تدخل طبقات الجو العليا («الإشعاع الأولي») هي نوى الذرات المشحونة إيجابياً، وذات سرعة تقارب 99% من سرعة الضوء. كما أن تسعة أعشار هذه الجسيمات هي نوى الهيدروجين، أي مجرد پروتونات.

عاجلاً أم آجلاً، تصطدم الپروتونات (وما يتناثر من النوى الأثقل وزناً) بالذرات، ويحدث ذلك بقوة، نتيجة لسرعاتها، فتتحطّم النوى المستهدفة وتُنتِج جسيمات «الإشعاع الثانوي»، الأقل طاقة نسبياً من الإشعاع الأولي ولكنها مع ذلك ذات طاقة كافية، كما تكون النيوترونات بين جسيمات هذا الإشعاع الثانوي.

في كل لحظة تصطدم هذه النيوترونات بنواة نتروجين - 14 (المكوّن الرئيسي للطبقة الهوائية) ،فيطرد النيوترون أحد الپروتونات خارج النواة ويستقر هو مكانه. وتتألف نواة النتروجين - 14 من 7 پروتونات و7 نيوترونات. فإذا خرج پروتون أثناء دخول نيوترون، تكون النتيجة نواة ذات 6 پروتونات و8 نيوترونات، وهي الكربون - 14. ولنُسَمِّ «الكربون - 14» راديوكربون، توخياً للسهولة.

يندمج الراديوكربون فور تكونّه، مع الأكسجين، فينتج ثاني أكسيد الراديوكربون.

وبالطبع تتفكك أخيراً ذرات الكربون - 14 داخل ثاني أكسيد الراديوكربون. وفي داخل نواة الكربون - 14، يتحوّل نيوترون إلى پروتون، فينطلق جسيم بيتا (الكترون سريع) وتعود النواة لتصبح من جديد نتروجين - 14. وفي سياق العملية، تنفصل نواة النتروجين عن الأكسجين، لنعود إلى حيث كنا قبل وقوع الإشعاع الكوني.

ولكن في هذا الوقت، تقوم جسيمات الإشعاع الكوني بانتاج المزيد من النيوترونات التي تُحوّل بدورها المزيد من النتروجين - 14 إلى كربون - 14.

فنصل إلى توازن يتم فيه تكوّن ذرات الكـربون - 14، بمقـدار ما يتـلاشى منها. ويبقى مجموع ذرات الكربون - 14 في الطبقـة الجويـة (على شكل ثـاني أكسيد الراديوكربون) ثابتاً كما هو.

ومع أن مقدار توازن الكربون - 14 في الجو صغير جداً، إلا أن الإشعـاع سهل الاكتشاف، ويمكن بالتالي قياس هذا المقدار. ويبدو أن ذرة كربون واحدة من كـل 540 مليار ذرة في الطبقة الهوائية، هي الكربون - 14.

يبـدو هذا ضئيـلاً بالـطبع. إلا أن جـو الأرض كبير. فحتى مـع أن الجـزء القليل منه، هو ثاني أكسيد الكربون، وإن جزءاً واحداً من ثاني أكسيد الكربـون هو الكربون، ومع انه نادراً ما تكون ذرة الكـربون، كـربون - 14، فهنـالك رغم كل هذا، حوالي 1300 كلغ (أي طن ونصف الطن تقريباً) من الكربون - 14 في جو الأرض.

وليس كل ما تحويه الأرض من كربون - 14 موجوداً في الـطبقة الهـوائية. فبعض من ثـاني أكسيد الكـربون مـذاب في المحيـطات، ومعـه بعض من ثـاني أكسيد الراديوكربون أيضاً.

والأكثـر من ذلك، ان النبـاتات تمتص ثـاني أكسيد الكـربون كمـادة خـام تدخل في بناء أنسجتها. وبالطبع، فهي تمتص ثاني أكسد الراديوكربون مع ثـاني أكسيد الكربون العادي، ما دامت الخصائص الكيميائية للكـربون - 14، ممـاثلة لخصائص الكربون - 12 والكربون - 13 الثابتَين.

ثم ان الحيوانات تأكل النبات، فتُدخِل مكوناتها في أنسجتها الخاصة، بما فيها أي كربون متواجد. وفي النهاية، نجد الكربون - 14 في سائر أشكال الحياة بدون استثناء.

يتفكـك الكربون - 14 ببطء داخـل الأنسجة الحيـة، إلا أن ذرات كربـون - 14 جديدة، تدخل كذلك ببطء من جو الأرض (في حال النبات) أو من الغذاء (في حـال الحيوانـات)، ولهذا السبب يبقى تـركيز الكـربـون - 14 في الأنسجـة الحية، ثابتاً ـ ما دامت حية على الأقل.

ولكن عندما يمـوت الكائن الحي، يتـوقف امتصاصـه لأي كربـون - 14، سـواء من الجو أو من الغـذاء. فيبقى على ما كـان في انسجته من كـربون - 14 عند موته. ويتفكك هذا الكربون - 14 حكماً وببطء.

ونعرف على وجه الـدقة وتيـرة تفكك الكـربون - 14، . ويمكننـا اكتشاف

جسميات بيتا التي ينتجهـا، والتعرف إليهـا. فمن إحصاء عـددها، نعـرف مقدار الكربون - 14 في نموذج معيّن من بقايا ما كان كائناً حياً. وبمقارنة هـذا المقدار مع محتوى المواد الحية، يمكننـا حساب فتـرة تفكك الكـربون - 14، وبـالتالي الوقـتالذي مضى على موت الكائن الحي (أو المادة الميتة).

ولكن هذا بالطبع، لا يُجـدي عندمـا تؤكل المـواد الميتة، ويمتصّ آكِلُهـا الكـربون - 14 في أنسجتـه (قد يكـون الآكل أي حيّ، من الحـوت الأزرق إلى بكتيـريا التحلل). إلا أن ثمـة بقايـا ميتة تبقى سليمـة على مـدى آلاف السنين، كـالأخشاب القديمة، وفحم نيران المخيمـات البائـدة، والأقمشة البـالية، وبقـايا الأصداف البحرية، وغيرها.

سنـة 1946، اقترح الكيميـائي الأميـركي «ويـلارد فـرانـك ليبي» Willard Frank Libby(1908 -) ، استخدام الكربون - 14، لمعرفة تأريخ مثل هـذه الأشياء، وحقق التقنيات الضرورية لذلك، فنال بالنتيجة جائزة نوبـل في الكيمياء سنة 1960.

ليست عملية التأريخ بواسطة الراديوكربـون عملية سهلة. فـإذا أخذنـا اليوم كمية من الأخشاب الحالية، نحصل على 13 جسيماً ضعيف الطاقة في الـدقيقة، من جسميات بيتا، وذلك لكل غرام واحد من الكربون الذي تحويه. فإذا كان قد مـر عليه خمسـة آلاف سنة، فقـد نحصل على سبعـة في الـدقيقـة. ولا بـد من الاهتـداء إلى جسيمات بيتـا هذه، رغم الإشعـاعـات المختلفـة في البيئـة «غيـر الصـادرة» عن الكربـون - 14. وهذا يستـوجب إحاطـة الجهاز العـداد بحـواجـز مدروسة.

ويمكن تحـديد دقـة التقنيـة هـذه، بـاستنتـاج عمـر الأخشـاب من القبـور المصـرية، ومقـارنته بـالعمر الـذي تحدده الأدلة التاريخيـة. وعلى الرغم من أن التأريخ بالراديوكربون أقل دقة من الأدلة التاريخية، فالنتيجة لا تُعتبر سيِّئة.

قـد يُظَنّ انـه مـا دام الاستـدلال التـاريخي أكثـر دقـة من التـأريـخ الراديوكربوني، فإننا لا نحتاج إلى الأخير ـ ولكن الآثار المصرية لا ترجـع بنا إلى أكثر من خمسة آلاف سنة مضت. وقبلٍ ذلك، تمتد فترة ما قبل التاريخ الطويلة، حيث التأريخ العادي بالغ الغموض فعلاً، أما التأريخ الراديوكربوني، فيبقى دقيقاً إلى حد معقولٍ، كما يمكن في الواقع أن يعود بنا إلى سبعين ألف سنة خلت.

لقد اعتمِد التأريخ الراديوكربوني لإعطاء فكرة عن تاريخ دخـول أول إنسان

إلى القارة الأميركية مثلاً، وعن تاريخ الانحسار الجليدي الأخير. كان الاستنتاج في الواقع ان آخر انحسار للجليد ربما حصل قبل 25 ألف سنة؛ إلا أن معطيات الراديوكربون عن نماذج من الأخشاب البالية، تشير إلى ان ذلك لم يحدث إلا منذ 10 آلاف سنة.

فكيف، والحالة هذه، يمكننا التأكد من أن التأريخ الراديوكربوني دقيق؟ هل هنالك مصادر للخطأ؟.

مع الافتراض ان معدل تلاشي الكربون - 14 ثابت على الدهر (كما هي قناعة الفيزيائيين)، يكون ثمة مصدر للخطأ: هو التجزئة. فالكربون - 14 أكبر كتلة من الكربون - 12، بنسبة 4.5٪. وهو عندما يخضع لنفس التفاعلات الكيميائية كالكربون - 12، يكون تفاعله أبطأ. وهذا يعني اننا إذا أخذنا مقداراً من الكربون، وسمحنا لنصف هذا المقدار بالتفاعل على نحوٍ ما، فسيكون النصف المتفاعل أغنى بالكربون - 12 وأفقر بالكربون - 14 من النصف غير المتفاعل. ولا بد من أخذ تأثيرات مثل هذه التجزئة بالاعتبار ـ وهذا ما حصل.

ثمة ضرب من الخطأ، أشدّ إثارة للقلق، يتعلق بتكوّن الكربون - 14 أول الأمر. فكيف يمكننا الافتراض بإن سقوط جسيمات الإشعاع الكوني ثابت منتظم على الدوام؟ أفلا يمكن أن يتغيّر أو يختلف عدد الجسيمات المنهمرة على جو الأرض، مع مرّ السنين؟.

قد ينفجر مستعر عملاق Supernova(*) بشكل دوري، على بعد مئات قليلة من السنين الضوئية عن الأرض. أفلا يعني هذا أن يغمر الأرض دفق مؤقت من جسيمات الإشعاع الكوني الإضافية؟.

إلى ذلك، فالتغيرات في قوة الحقل المغنطيسي للأرض قد تتسبب في صدّ جسيمات الإشعاع الكوني بفعالية متفاوتة. وقد عرفنا ان قوة الحقل المغنطيسي تتغيّر «فعلاً» بشكل كبير عبر السنين.

قد نخلص إلى فكرة ما حول تغيرات الإشعاع الكوني ومعدّل تكوّن الكربون - 14، من دراسة مختلف الحلقات في جذوع الأشجار القديمة، وهذا ما يساعد على إدخال تلك التغيرات في حساباتنا.

إلا أن الأحداث الكونية كالمستعرات العملاقة، وتغيرات الحقل

(*) المستعر أو المستسعر، نجم ينفجر فيتعاظم ضياؤه فجأة، ثم يخبو بعد فترة عدة أشهر أو سنوات ـ المترجم.

المغنطيسي للكواكب، ليس كل ما يثير الشكوك. فالنشاط البشري ـ صَدِّق أو لا تصدّق! ـ يؤدي إلى ذلك أيضاً. على مدى عقدين بعد الحرب العالمية الثانية، أجريت تجارب للقنابل النووية في الجو، نتج عنها إطلاق أعداد كبيرة من النيوترونات في الهواء، مما أدى إلى تكوين كمية من الكربون - 14، تكفي لزيادة مجموعها زيادة كبيرة ـ وهنا تكمن الحكاية.

فلنتساءل افتراضاً: إلى أي مدى يتأثر الجسم البشري بالإشعاع الذري في البيئة. هنالك كميات ضئيلة من اليورانيوم والثوريوم في الصخور والتربة من حولنا؛ وفي الآجُرّ والحجارة التي بها نبني منازلنا، وما شابه ذلك. والواقع أن اليورانيوم والثوريوم، يُنتجان في انحلالهما، مقادير صغيرة جداً من الغاز المشع، الرادون radon؛ ويزداد قلق الناس في هذه الأيام، من تراكم الرادون في الهواء داخل المنازل، خصوصاً وإننا الآن جادون في عزل المنازل حفاظاً على الدفء، وبذلك نخفف من التهوئة التي يمكن أن تطرد الرادون إلى الجو، بعيداً عن مساكننا.

بالإضافة، هنالك الوقع(*) المتواصل لجسيمات الأشعة الكونية والإشعاعات الثانوية التي تسببها، والتي تخترق أجسامنا باستمرار على مدى الحياة.

إن كل هذا الإشعاع الناشط، يمكنه تمزيق الجزيئات داخل أجسادنا، مما يسبب بشكل دوري، تحولات قد تظهر في حالاتها القصوى على صورة نشوء السرطان والعاهات الوِلادية.

إلا أن الإنسانية (وكل حياة) كانت عرضة لهذا طوال تاريخها، والتأثيرات المدمِّرة لمثل هذا الإشعاع الخارجي هي أقل من تأثيراتها البناءة ـ ما دامت الحاجة إلى مستوى معيّن من التحولات، إذا كان للتطوّر أن يجري بمعدل معقول. فبدون الإشعاع الذي قد يولّد السرطان القاتل أو العاهات الولادية عَرَضياً، لن يكون لنا وجود البتة.. وهكذا، فلا بد لنا من دفع الثمن.

إلى ذلك، فالإشعاع الخارجي ليس سيئاً بالقدر الذي نتوهّم. فباختراقه ومروره عبر أجسادنا، لا يُتاح لهذا الإشعاع سوى إمكانية ضئيلة جداً في أحد

(*) الصدمات الخفيفة المستمرة ـ المترجم.

الجزيئات الذي قد يسبب تمزقه تحولاً. ففي أغلب الأحيان ـ بل في أكثرها على الإطلاق ـ يُستهلك هذا الإشعاع في جزيئات الماء وفي غيرها من مكونات الجسد، ذات الحساسية المعدومة نسبياً.

ولكن ليس كل الإشعاع خارجياً. فالجسم البشري نفسه مشعّ.. وثمة عدو في الداخل!.

يتألف الجسد من عناصر مختلفة، بعضها يحوي عناصر مشعة، طبيعية التكوين. من هذه العناصر، البوتاسيوم، وهو أحد مكونات الجسد، ذات الأهمية الجوهرية. ونجد في الطبيعة (وفي أجسامنا) ثلاثة نظائر للبوتاسيوم: البوتاسيوم - 39، والبوتاسيوم - 40 والبوتاسيوم - 41؛ وأندرها، البوتاسيوم - 40، إذ نجد منه ذرة واحد بين كل 8400 ذرة بوتاسيوم. إلا إن إشعاع هذا البوتاسيوم - 40 ضئيل جداً ويبلغ عمره النصفي 1.3 مليار سنة وهو بالتالي يطلق جسيمات بيتا باستمرار.

وفي الجسم البشري 0.01% بوتاسيوم، بحيث يحتوي جسم الإنسان الذي يزيد وزنه عن 70 كلغ، 700 غرام من البوتاسيوم، وبالتالي 83 مليغراماً من البوتاسيوم - 40. وبإمكاننا حساب عدد ذرات البوتاسيوم - 40 في 83 مليغراما؛ وفي العمر النصفي يمكننا حساب عدد ما يتفكك من هذه الذرات، وما يُطلق من جسيمات بيتا في كل ثانية: والجواب هو 1900 في الثانية.

جسيمات بيتا هذه، تمزق الذرات والجزيئات فتحدث أضراراً. ولكن الجسم البشري يحتوي على 50 تريليوناً من الخلايا. وبالمتوسط، فإن الخلية الواحدة منها، تتعرض لتأثير جسيم واحد من جسيمات بيتا التي يطلقها البوتاسيوم - 40، مرة كل سنة، علماً بان جسيم بيتا هذا، عادة ما تنصرف طاقته في اتجاهات غير مؤذية.

وفي الحساب الواقعي، يتعرض الجسم البشري لإشعاع البوتاسيوم - 40، بمقدار يعادل في أهميته درجة الإشعاع الكوني. وما دمنا نعيش مع الإشعاع الكوني، يمكننا كذلك أن نعيش مع البوتاسيوم - 40.

ولسنا نجد لأي عنصر آخر ضروري لوظائف الجسم، نظيراً طبيعياً مشعاً، ذا عمرٍ نصفي طويل. بيد أن لكلٍ من عنصرين اثنين، نظيراً مشعاً قصير

العمر، لا يتواجد إلا لكونه ينتج باستمرار عن الإشعاع الكوني. أحدهما، بالطبع، هو الكربون - 14 والآخر هو الهيدروجين - 3 (تريتيوم).

سنة 1947، بيَّن «ليبي» ان الإشعاع الكوني يُولّد الهيدروجين - 3 الذي يتواجد بالتالي في الطبيعة بكميات ضئيلة. ويبلغ العمر النصفي للهيدروجين - 3، 12.26 سنة، أي 1/460 فقط من العمر النصفي للكربون - 14. وهو إذن أسرع إلى التلاشي نسبياً، بحيث تكون درجة تركيزه في الطبقة الهوائية (وبالتالي في النباتات، وبالتالي في أجسامنا) أقل بكثير من درجة تركيز الكربون - 14.

في الهيدروجين المتواجد طبيعياً، لا نجد سوى ذرة واحدة من الهيدروجين - 3 مقابل كل مليار مليار ذرة. وفي الجسم البشري 0.12٪ هيدروجين، وهذا لا يشكل سوى 8.4 أجزاء من الكوادريليون(*) من الغرام، هيدروجين - 3، وهي كمية تافهة لا تذكر. ويتفكك الهيدروجين - 3 ثلاث مرات في الثانية داخل الجسم ككل، و هذا يمكن إغفاله لإنه تافه جداً.

نبقى مع الكربون - 14. ففي الجسم البشري 0.15٪ من الكربون، أي 10.5 كلغ كربون في الجسم الذي يزن 70 كلغ. وبما اننا لا نجد سوى ذرة كربون - 14 واحدة بين كل 540 مليار ذرة كربون، فإن الجسم يحتوي على 190 جزءاً من الميلون من الغرام، كربون - 14. وانطلاقاً من عمر النصف لهذا الأخير، نرى في الحساب ان عدد جسيمات بيتا الناتجة عن الكربون - 14 في كل ثانية هو 3100.

هذا يعني ان مجموع جسيمات بيتا المتولدة في جسم إنسان يزن 70 كلغ، هو 22100 في الثانية، منها 86٪ ناتجة عن البوتاسيوم - 40، و 14٪ ناتجة عن الكربون - 14 و 0.00014٪ عن الهيدروجين - 3.

بما أني استنتجت ان البوتاسيوم - 40 لا يتواجد في الجسم بكمية تكفي لاعتباره أشد خطراً من رجم الإشعاع الكوني، فقد يبدو من الممكن إهمال الكربون - 14 وكذلك الهيدروجين - 3. وطيّ الموضوع.

ولكن مهلاً! ولنعاود من جديد.

(*) الكوادريليون يساوي 000 000 000 000 000 1 (في أميركا وفرنسا). ويساوي 000 000 000 000 000 000 000 1 (في المانيا وبريطانيا) ـ والمقصود هنا الرقم الأميركي ـ المترجم.

إن أجزاء الجسم المختلفة لا تُعتبَر حيوية بنسبة واحدة. فرصاصة في الكتف أو في القدم، ليست بالطبع أمراً ساراً، ولكنها في الغالب لا تقتل. أما الرصاصة في الدماغ أو في القلب، فتقتل على الفور.

وبالطريقة عينها، فالجسيم ذو الطاقة الذي يخترق إحدى الخلايا، قد يصيب عدداً من جزيئات الماء أو الدهن أو النشاء، فلا يسبب أضراراً يتعذر إصلاحها. إما إذا أصاب جزيء DNA(*) فقد يكون الضرر فادحاً لإن هذا الجزيء يضبط قسماً حيوياً من آلية الخلية. وقد يسبب ذلك تحولاً «يمكن» أن يؤدي إلى السرطان أو إلى العاهات الولادية.

إلا أن كتلة جزيئات الـ DNA في الخلايا تشكل 1/400 من مجموع كتلة الخلية، بحيث لا تصيب الجسيمات المنهمرة عشوائياً على الخلية، جزيء DNA في الغالب، بل تصرف طاقاتها (شأن الرصاصة في الكتف) نحو تغيرات غير مهمة نسبياً. وهذا صحيح حتى في الحال التي يكون فيها الجسيم ناتجاً عن بعض التفكك داخل الجسم.

بكلمة أخرى، فإن معظم الإشعاعات الناتجة داخل الجسم، لا يختلف كثيراً في تأثيره عن الإشعاعات الآتية من خارجه، إلا إذا كانت الذرة المشعة موجودة فعلاً داخل جزيء DNA نفسه، حيث يكون العدو في الداخل.

من وجهة النظر هذه، يُلغى البوتاسيوم - 40 إذ لا وجود للبوتاسيوم داخل جزيء DNA. إلا أن فيه ذرات من الكربون والهيدروجين، وبالتالي فلا بد من تواجد الكربون - 14 والهيدروجين - 3 بمقدار ما.

من هذين الاثنين، لا تتفكك ذرات الهيدروجين - 3 إلا بنسبة واحد من الألف، مقارنة مع الكربون - 14، الأكثر تواجداً بكثير. ولهذا فإننا نحذف الهيدروجين - 3، كونه تافه الكمية، ونركز على الكربون - 14.

في كل مرة تتفكك ذرة كربون - 14، تتحول إلى ذرة نتروجين - 14. وهذا التحول من الكربون إلى النتروجين، يُغيِّر طبيعة جزيء DNA الكيميائية، مما يُحدث ـ بحد ذاته ـ تحولاً يصعب تحديد مدى خطره بالضبط، ولكن عندما تقذِف ذرة الكربون - 14 جسيم بيتا، يصبح التغيّر الكيميائي أقلَّ تأثيراتها، فهناك ارتداد (انتكاص) قد يدفع الكربون - 14 المنفجر إلى تمزيق الروابط التي

(*) الحمض الريبي النووي منقوص الأكسجين deoxyribonucleic acid ـ المترجم.

تشـده إلى جيرانـه. بكلمة أخـرى، ينشـطر جُـزيء DNA إلى شـطرين، وهـذا يشكل نوعاً محتملاً من التحوّل الخطر.

لنفرض أننا حسبنا عدد ذرات الكربون داخـل جزيئات DNA في الخلية، ثم عدد ذرات الكربون - 14 منها. لقد قمت بذلك على وجه تقريبي، ويبدو لي ان هنالك ذرة واحدة من الكربون - 14 لكل 20 خلية، وتفككاً واحـداً في السنة لكل 24000 خلية.

قـد يبدو هـذا ضئيـلاً، ولكن لا تنسَ أن في الجسم 50 تـريليـون خليـة، بحيث ننتهي إلى حوالي 6 تفككات للكـربون - 14 في مختلف جـزيئات DNA لجسم إنسان يزن 70 كلغ، «كل ثانية».

ما هي 6 تفككات في الثانية؟ قد يقال: لا شيء يذكر. ولـو انها تفككـات عادية مع إطلاق جسيمات سريعة تخترق الخلية عشوائيـاً، لكان ذلـك صحيحاً. أما في هذه الحال، «فكل تفكك واحد، يسبب تحولاً في نفس اللحظة».

يمكن بالطبع إن لا تكون هذه التحولات جميعهـا مؤذية. وقـد يسبب أحد التحولات العنيفة، موت خليـة يمكن استبدالها فيما بعد.

إلا أن بعض الخلايا التي تموت بهذا الشكـل (خصوصـاً خلايـا الأعصاب والدماغ) قد لا يتسنى استبدالها، كما أن بعض التحولات قد لا يقتل الخلية، بل يجعلها سرطانية. ويمكن القـول إن التحولات المهمة في سـائر الأجسـام الحية ناتجة بشكل رئيسي (ولو غير كامل بالطبع) عنِ الكـربون - 14 المتـواجد داخـل جزيئات DNA، وأن تأثير الإشعاع الكوني مثلاً، يتوقف على ما يُولّـده من ذرات الكربون - 14.

كنت أشرت أولاً إلى خطر الكربون - 14 داخل جزيئات DNA، في مقال قصير تحت عنوان «الإشعاع الذري للجسم البشري»، عدد شباط/فبراير 1955 من «مجلة تعليم الكيمياء»(*)، (أجل، لقد كتبت مقالات لمجلات التعليم في بداية الخمسينات وصادف ان كان هذا أخرها).

واعتقـد أنني على الأرجـح كنت الأول على مـا يخيـل لي، الـذي يقـوم بـذلـك. قـد يكـون «ويـلارد ليبي» Willard Libby سبقني إلى ذلـك بـأشهـر قليلة، غيـر إني لست متأكـداً من هذا؛ وبكـل حال، فـأنا لم أكن مـطلعـاً على

(*) The Journal of chemical Education.

أعماله يوم كتبت المقال.

جاء في المقطع الأخير من مقالي: «على ضوء هذا، تجدر ملاحظة ما إذا كانت وجبة ذات مقدار عالٍ من الكربون - 14 تزيد من معدل التحولات عند حيوان مثل ذبابة الندى (Drosophila)، أو من معدل تكوّن التدرّنات لدى سلالات الفئران ذات الميول السرطانية، وما إذا كانت هنالك علاقة متبادلة بين زيادة (في حال الزيادة) نشوء التحول أو نشوء السرطان، وبين زيادة (في حال الزيادة) الكربون - 14 في المورِّثات».

لا أدري ما إذا جرت مثل هذه الاختبارات. وبالتأكيد، لم يكن لديّ التدريب الكافي ولا التجهيزات كي أقوم بها بنفسي. كما أني كنت أجهل، يوم كتبت المقال، ان تجارب القنابل النووية في الجو، كانت تسبب زيادة ملموسة في تواجد الكربون - 14 داخل طبقة الجو الهوائية.

غير ان «لينوس پاولنغ» (Linus Pauling) كان على علم بهذه الزيادة، وتنبه إلى أهميتها فيما بعد (آمل أن يكون مقالي في The Journal of Chemical Education وهي المجلة التي قال لي مؤخراً أنه يقرأها بانتظام، قد أسهم في ذلك). لقد بدأ على الفور حملة لإقناع قادة العالم والجماهير، بأن كل تجربة تفجير نووي في الجو، تزيد من إصابات السرطان المختلفة ومن العاهات الولادية، بسبب تزايد الكربون - 14 في الجو، وبالتالي في المورِّثات genes.

كانت حججه وبراهينه على هذا النحو، هي التي أدّت - أكثر من أي شيء آخر - إلى معاهدة حظر التجارب عام 1963، وإلى وقف التفجيرات النووية في الجو.

وأراني فخوراً بهذا. كان دوري الشخصي ضئيلاً و «مجهرياً»، وأقر بكل الفضل للپروفسور «پاولنغ». ولكن من بين سائر الأفكار القيمة التي كانت لي في حياتي - وقد كان لي منها القليل - اعتقد ان هذه كانت أفضلها.

5

حامل النور

بالأمس، طلب مني أحد الصحفيين السوفيات، حديثاً أمام عدسة التلفاز. ويسألني السوفيات، كما ترون، من حين لآخر، لأن خيالي العلمي يتمتع بشعبية في الاتحاد السوفياتي، ولأني ولدت هناك.

كـانت الأسئلة عادة تتنـاول مواضيـع السلام والمحبـة والتعاون بين الأمم، فكنت أؤكـد لهم دوماً انني من انصـار هذا الثـالوث، وأطلق لبـلاغتي العنان في التحـدث عن هـذه المـواضيـع. ولكني بـالأمس، سُئلت عن مـوضــوع الخيـال العلمي، وعن نفسي. وكما يمكن أن تتصوروا، فإن طرح الحديث عن شخصي بـالذات ـ وهـو أحب شيء إليّ إطلاقـاً ـ جعل عيني تتـوهجان بـأنـوار علويـة.. وبلاغتي تسمو إلى مستويات رفيعة لا تُصدّق!.

عندما جاء وقت تحدثي عن الرُّبوطيّات robotics(*)، توقفت فجـأة وقلت: «أتعرف إني اخترعت الكلمـة؟» فبدت الـدهشة والإعجـاب على وجه محـدِّثي، ومضيت في سرد التفاصيل.

فكـرت بالأمـر فيما بعـد. لقد بلغ حمـاسي في ادعاء الفضـل ـ الذي هـو

(*) أي ما يتعلق بما شاعت تسميته الإنسان الآلي، أي الرُّبوط robot ـ المترجم.

لي ـ حداً جعلني أسعى إلى تسجيل اختراعي في القواميس الأميركية ـ والآن، أراني أنشر هذا المدّ المفرح في طول الاتحاد السوفياتي وعرضه. ولكن، هل يعتبر هذا إنصافاً؟.

تذكروا كبار المكتشفين الذين ضاعت أسماؤهم إلى الأبد، لعدم وجود وسائل الاتصال الحديثة بتصرفهم. لا بد أن أحداً قد اخترع العجلة (الدولاب) ولكن أنّى كان له أن يبث أو يحتفظ بالخبر الكبير الذي صنعه.

لا أحد يعرف من هو أول من روّض النار، أو أول من توصّل إلى طريقه إذابة النحاس من الصخور الزرقاء، أو أول من خطرت له فكرة ربط الماعز، وسرقة حليبها، أو أول من قال: «لِمَ لا نزرع الحبوب ونعتني بها صيفاً، ليكون لدينا فيض من الغذاء في الشتاء؟» حيال هذا، يبدو من المخجل أن أكون في وضع من يجبر العالم أجمع على التذكرّ بأني صنعت كلمة..

بالطبع، من بين سلسلة اختراعات مشابهة، لا بد وان يأتي وقت يتذكر الناس فيه اسم مكتشف حقيقي. مثلاً، من كان أول شخص معروف يكتشف عنصراً كيميائياً؟ ماذا كان العنصر، ومتى تم اكتشافه؟.

سأبدأ، كالعادة، من البداية.

بين أكثر من مئة عنصر [108 حتى اليوم]، تسعة منها على الأقل، كانت معروفة حتى في العصور القديمة. لم تكن معروفة كعناصر (أي المواد الأساسية المختلفة التي يتألف منها الكون على المستوى الذري) حينذاك، لإنه كان للأقدمين مفاهيمهم ـ الخاطئة ـ عن طبيعة العناصر. ولكن دعنا من هذا.

سبعة من العناصر التي عرفت قديماً، كانت من المعادن. وقد تم التعرف إليها لإنها كانت تتواجد ولو بكميات صغيرة على شكل عنصر نقي إلى حد معقول ولأن هذا الشكل العنصري يمكن التعرف إليه بسهولة.

وهكذا، فإن حدث وعثر أحدهم على كتلة من الذهب الخام، فإنه (أو إنها) قد يتنبه على الفور لشيء أصفر لماع، يختلف كثيراً عن الأحجار الصخرية الأخرى. وبالإضافة إلى مظهره، فسيكون أثقل بكثير من الحجارة التي هي بحجمه. وإذا طرق بفأس حجرية، فإنه لا يتشظى أو يتكسر، بل يتغير شكله. وبسبب جمال مظهره وسهولة تكيفه، ليس غريباً أن نجد داخل قبور ما قبل التاريخ في مصر وفي بلاد ما بين النهرين، حلياً مصنوعة من الذهب.

كـان الذهب مـرغوبـاً بسبب مزايـاه. ولأنه واحـد من أندر العنـاصر، فـإن المكتَشَف منه كان قليلاً، وبالتالي ذا قيمة. كـذلك كـانت مواد أخـرى مرغـوبة، فكلمة «معدن» جاءت من اليونانية بمعنى «مرغوب».

قد تكون الفِضة أكثر تـواجداً من الـذهب بعشرين مـرة، ولكنها أنشـط منه كيميائياً، وبالتالي يحتمـل أن يكثر تـواجدهـا متفاعلة مـع عناصـر أخرى تـدعى الركاز أو الخامة Ores. هذه الخامـات، تفتقر إلى خـواص المعادن وتبـدو كثيرة الشبه بالصخور العاديـة. وهكذا اكتشفت خـامات الفضـة بعد اكتشـاف خامـات الذهب، ومع ذلك فقد عُرفت في عصور ما قبل التاريخ.

بعـد ذلك، عنـدما تعلم الإنسـان كيف يفصل المعـدن عن خامتـه، بصهر هـذه الأخيرة في النـار تحت شروط مـلائمة، أصبحت الفضـة أكثـر شيـوعـاً من الذهب.

ربمـا كان النحـاس أكثر شيـوعاً من الفضـة بـ 450 مـرة وبـ 9000 مـرة من الذهب. وحتى مع كونه أنشط كيميائياً من كليهمـا، فالنحـاس قد يتـواجد بـوفرة محـدودة على شكله الـطبيعي كعنصـر. ومن المعقـول أن يكـون النحـاس قـد استعمل للزينة، وحتى قبل الذهب. وعندما اهتُدي إلى تنقية النحـاس بالصهـر، أمكن استخدامه على نطاق واسع في الأدوات والأسلحة.

الحديد واحد من أكثر العناصر شيـوعاً ـ يفـوق النحاس بـألف مرة ـ إلا أن نشـاطه الكيميـائي كبير بحيث يتـواجد دومـاً في خامتـه، لا كعنصر صـرف على الإطلاق. كما أن تنقية خامـة الحديـد بالصهـر، أصعب بكثير من تنقيـة خامـات الفضة أو النحاس. وفي الواقع، لم يهتـدِ الإنسان إلى طـريقة عمليـة لاستخراج الحديد من خامته إلا في عهد الحثيـين (عام 1500 ق. م.).

غيـر أن الحديـد كمعدن، يسقط كـذلك من السمـاء على شكـل رُجُمٍ أو نيازك meteorites. وبفضل هـذه النيازك، عُـرف الحديـد بشكله العنصري حتى قبل التاريخ.

وشيوع الرصاص لا يكاد يبلغ شيوع النحاس، إلا أنه سهل الاستخراج من خامته. فخلال صهر الخامات للحصول على الفضة والنحـاس، كانت أي خـامة رصاصية تلقى في المصهر، تنتج الرصاص.

والرصاص أربد قبيح المنظر، بقدر ما هو الـذهب لماع وجميـل. ولذلـك كـان الذهب «المعـدن النبيل» بـامتيـاز، والـرصـاص مثـالاً «للمعـدن الخسيس»

ولكن للرصاص قيمته أيضاً. فمن جهة كان المادة الأثقل وزناً بين ما عرفه الأقدمون عدا الذهب. فإذا ما أراد أحدهم شيئاً صغير الحجم ثقيل الوزن، ولا يتسنى له الذهب، اعتمد الرصاص، كثاني الأفضل. ومن جهة أخرى، فالرصاص شديد الليون، تسهل قولبته وتكييفه في أنابيب لنقل المياة. وقد حلّت هذه الأنابيب آخر الأمر، محل الأنابيب المصنوعة من الطفل أو الصلصال والتي تتكسر بسهولة. واشتُقّت كلمة «سمكري» Plumber بالإنكليزية من اللاتينية التي تعني الرصاص.

كان اكتشاف القصدير على الأرجح، عن طريق غير مباشرة. فخامات النحاس التي تنتج المعدن نقياً بشكل نسبي، كانت تنتج كذلك معدناً شديد الليونة لا يصلح للاستعمال في الأدوات والأسلحة والدروع. ولكن إذا أضيفت إلى خامة النحاس خامة أخرى، ينتج عن ذلك خليط معدني أشد صلابة من النحاس نفسه. هذا الخليط يدعى «البرونز»، والمعدن المجهول المضاف هو القصدير. كان أبطال حرب طروادة يستعملون البرونز في التروس والدروع ورؤوس الحراب. وهم عاشوا في «عصر البرونز» الذي تَلا «العصر الحجري»، ثم تبعه «عصر الحديد» فيما بعد.

لقد أمكن استخراج القصدير من خامته ثم مزجه (صهره) مع النحاس بمقادير توازن بين الجودة والكلفة على الوجه الأمثل. ومع ذلك فالقصدير أقل شيوعاً من النحاس بـ 15 مرة. وقد استُنفِدت مناجم القصدير في مناطق البحر المتوسط بشكل مبكر (كان ذلك أول نفاد وانقطاع لمصدر حيوي في التاريخ). ثم اقتحم الفينيقيون المحيط الأطلسي للعثور على خامات القصدير في «جزر القصدير» (ما يعادل مقاطعة «كورنوال» Cornwall) وتحقيق الثراء بفضل ذلك.

كان الزئبق آخر ما اكتشف من المعادن القديمة، وهو مرموق بفضل كونه سائلاً.

وبالإضافة إلى هذه المعادن السبعة، هنالك مادتان غير معدنيتين تتواجدان بشكل ملحوظ جداً، كعنصرين طبيعيين. أحدهما هو الكبريت ذو اللون الأصفر البيّن، ولكن من دون اللمعة المعدنية الجميلة التي نجدها في الذهب. وبالطبع، فقد عرفه الإنسان منذ العصور القديمة.

إن أهم ما يُلفت في الكبريت، كونه يحترق. ولا بد أن يلاحظ ذلك، إذا ما أشعلنا نار مخيّم على مقربة من بعض الكبريت. فجميع الوقود التي كانت

معروفة لدى الأقدمين، مشتقة من أشياء حيّة، كالأخشاب والزيوت، الخ. كان الكبريت المادة الوحيدة التي تشتعل مباشرة، ولا علاقة لها بالأحياء، ولذلك سمي مثلاً بما يعني «الحجر المحترق» burnstone، وحُوِّر بالإنكليزية إلى brimstone أي «حجر الكبريت».

واشتعال الكبريت ملفت للنظر، لا لأنه يحترق مع لهب أزرق غريب وحسب، بل كذلك لأنه يُطلق غازاً مثيراً مهيّجاً لا يُحتمل، أثناء احتراقه. كان هذا بالإضافة إلى الرائحة الحادة في جوار البراكين النشطة، وراء المفهوم الذي نشأ حول سعيرٍ في جوف الأرض لا تخمد ناره، مع وجود الكبريت الكريه كوقود أساسي فيه (ومن هنا كلمة «نار وكبريت»).

وأخيراً، هنالك الكربون، فأي نار تُضرم قرب صخرة أو في كهف، تترك راسباً من السُّخام الأسود، هو في الواقع من الكربون الصافي. ثم لو أحرقت كومة من الحطب تحد من وصول الهواء إليها، فإن الحطب داخل الكومة لن يحترق بشكل كامل، بل يتحول إلى مادة سوداء، إذا أُشعِلت في شروط توفّر لها الهواء الكافي، تحترق مع القليل من اللهب ولكن مع توليد حرارة أعلى بكثير من حرارة احتراق الحطب الأولي. هذه المادة السوداء هي الفحم [النباتي] وهي أيضاً من الكربون الصافي.

والواضح ان الإنسان القديم كان على علم بوجود السخام والفحم.

بالإضافة إلى هذه العناصر التسعة، كان هنالك العديد من العناصر الأخرى التي تم عزلها، على الأقل في القرون الوسطى، ولكننا لا نعرف عن تاريخها القديم سوى القليل.

فمثلاً، قبل استعمال الخليط العادي نحاس - قصدير الذي نسميه برونز، وجد عمّال النحاس الأوائل أن خامة النحاس إذا صُهرت مع خامة أخرى (غير خامة القصدير)، فإنها تعطي خليطاً نحاسياً أصلب بكثير من النحاس الصافي.

كانت المعضلة في ان العمل على ذلك البرونز الأولي خَطِر، وإن نسبة الوفيات بين العمال الذين يستخرجون الخامة الأخرى ويصهرونها مع خامة النحاس، كانت مرتفعة. والسبب هو ان الخامة الأخرى، هي خامة الزرنيخ arsenic. ولكن بعد اكتشاف خامة القصدير، تلاشى استعمال خامة الزرنيخ.

بالطبع، إن اكتشاف خامة ما واستخدامها، يختلف عن عزل العنصر الذي

تحويه. ولكن بعد أن اهتدى الإنسان إلى استخراج المعادن كالنحاس والقصدير والرصاص والزئبق والحديد من خاماتها، يمكن الافتراض إن أي خامة لا يكون فيها العنصر مندمجاً كلياً بشدة، يمكن صهرها لاستخراجه منها.

فمن خامة الزرنيخ، يسهل استخراج الزرنيخ نفسه، ولا بد أن هذا قد حدث خلال العصور القديمة وأوائل القرون الوسطى، وفي مناسبات عدة. إلا أن الاكتشافات العلمية في تلك الأيام لم تكن تنشر بشكل خاص، ما لم تكن لها تطبيقات عملية مفيدة. فخامة الزرنيخ سامة، وقليلون هم الذين عملوا عليها. وأي زرنيخ يتم الحصول عليه، لم يكن له أي استعمال خاص، ولذلك فقد أهمل.

أول من أدخل الزرنيخ العنصري إلى وعي الأوساط العلمية، كان «ألبرتوس ماغنوس» Albertus Magnus (1193 - 1280)، وهو عالِم الماني. لقد استخرجه من خامته ووصفه في كتاباته بعناية ودقة. بحيث لم يدع مجالاً للشك في كون ما حصل عليه، هو الزرنيخ. ولهذا، يعتبر أحياناً انه اكتشف الزرنيخ حوالي العام 1230. وإذا كان الأمر كذلك، فسيكون «ألبرتوس ماغنوس» أول شخص يكتشف عنصراً، معروف بالاسم والتاريخ والمكان تحديداً. ولكن هذا ليس شرعياً بالمعنى المطلق. فثمة احتمالات ان يكون الزرنيخ قد تم عزله قبل ذلك بكثير من قبل أشخاص لا نعرف أسماءهم.

هنالك أيضاً صِبغ أو خِضاب أسود، كان يستعمل قديماً كالكحل، لمزيد من السواد في لون الحاجبين والجفون، كما تُستَعمل اليوم أدوات التجميل وما يسمى «مَسْكَرا». قد يكون هذا الخضاب قد استُعمِل في مصر منذ 3000 سنة ق. م. وهو سُمّي عند الرومان «ستيبيوم» Stibium ويعرف حالياً باسم «ستيبنايت» Stibnite، ويتألف كيميائياً من كبريتيد الأنتيمون (الأثمد بالعربية).

والأنتيمون يشبه الزرنيخ في خواصه الكيميائية. وبما انه يمكن استخراج هذا الأخير بسهولة كعنصر صرف من خامته الكبريتية، فكذلك هو الأمر بالنسبة إلى الأنتيمون. وقد حصل بالفعل، إذ عُثِر على إناء في موقع أثري من بلاد ما بين النهرين - ربما يعود إلى 3000 سنة ق. م. - وهو مصنوع من الأنتيمون الصافي، كما وجدت تحف أثرية تحتوي على هذه المادة.

كانت أول مناقشة للأنتيمون، في كتاب عنوانه «عربة الأنتيمون المظفرة»، يُفترض انه كتب سنة 1450 ونسب إلى راهب الماني أسمه «باسيل ڤالنتين» Basil

Valentine، ولهذا السبب يُعتبر «ڤالنتين» أحياناً مكتشف الأنتيمون، إلا أنه بالطبع لم يكنه. ففي الواقع، ليس هنالك أي دليل بيِّن على وجود هذا الراهب، وقد يكون الكتاب نشر سنة 1600 من قبل أحدهم، ونسب إلى راهب قديم، توخياً للمزيد من الاعتبار.

أما عنصر البزموت الفلزي الذي ينتمي إلى أسرة الزرنيخ، فقد يكون أول ما عُزِل، سنة 1400، أو حتى قبل ذلك كما يقول البعض. ويعزى اكتشافه أحياناً إلى «ڤالنتين»، ولكن الأكيد ان المكتشف مجهول، وان تاريخ اكتشافه سابق لذلك الوقت.

أخيراً، هناك الزنك. في العصور القديمة، كانت خامات الزنك مختلطة مع خامات النحاس، بحيث تكوّن خليطاً من النحاس والزنك، هو «الصُّفر» brass (النحاس الأصفر). ويتميز الصُّفر بلون يشبه كثيراً لون الذهب، دون أن يكون له أي من خصائص الذهب، مع أن التشابه يعتبر كافياً في نظر البعض أحياناً.

كان الحصول على عنصر الزنك من خامته سهلاً ولا شك، إلا أن هذا العنصر يميل، عند حرارة الصهر المرتفعة، إلى التبخر والاختفاء (الزنك ينتمي إلى أسرة الزئبق ذي الحرارة المنخفضة في الذوبان والغليان). ومن المحتمل جداً أن يكون الحصول على الزنك قد تحقق في عهد الرومان.

هكذا كان الوضع في العام 1674. فثمة ثلاث عشرة مادة نسميها اليوم عناصر، كانت معروفة آنذاك. وهي بحسب الترتيب الألفبائي: أنتيمون، بزموت، حديد، ذهب، رصاص، زئبق، زرنيخ، زنك، فضة، قصدير، كبريت، كربون، نحاس، كانت جميعها معروفة بشكلها العنصري النقي إلى درجة معقولة. إلا ان اكتشاف أي منها، لا يمكن تحديد زمنه ومكانه ومكتشفه بصدق وبشكل قاطع.

كل هذا يقودنا إلى الفوسفور.

لقد دخلت كلمة «فوسفور» المعجم العلمي منذ العهود القديمة. فثمة نجم شديد التوهج، يبدو أحياناً في غرب السماء بعد غروب الشمس، في حين يظهر نجم مشابه أحياناً أخرى في شرق السماء قبيل الفجر. هذان النجمان كانا «نجم المساء» «ونجم الصباح». اعتبرهما اليونان أول الأمر، نجمين مختلفين،

فاسمَوا نجم المساء «هسبيروس» Hesperos بـاللاتينيـة (Hesperus بالإنكليـزية) وذلـك من كلمة «غـرب» باليـونـانيـة، كمـا اسمـوا نجم الصبـح «فـوسفـوروس» Phosphoros (باللاتينية والإنكليزية Phosphorus) وذلك من كلمـة تعني «حامـل الضـوء». والسبب في التسمية الأخيـرة هو انـه عنـدمـا يـظهـر نجم الصبـاح في الشرق، يمكن التأكد من أن الفجر أصبح وشيكاً.

وأطلق الـرومان على النجمين اسمين بـاللاتينيـة انطلاقـاً من نفس المعنى لدى اليونان: «ڤسپر» Vesper لنجم المساء، و«لوسيفِر» Lucifer لنجم الصباح.

واتضح آخر الأمر (استناداً إلى علم الفلك البابلي بدون شـك، حيث كان الأكثر تقدماً) ان نجم المساء ونجم الصبـاح واحد، فسقط استعمـال الاسمين. وعـرف النجم (أو في الحقيقـة الكـوكب) بـاسم «أفـروديت» Aphrodite عنـد اليونان، وباسم «ڤينوس» Venus (الزُهَرة) عند الرومان كما عندنا حالياً.

بذلك اختفت كلمة «فوسفور» من المعجم العلمي ما يزيد على ألفي سنـة بقليـل، إلى أن جـاء «هـانيـغ بـرانـد» Hennig Brand الكيميـائي الالمـاني (1630 - 1692).

كـان «برانـد» يعمل بـالخيمياء التقليـدية القـديمة (يـدعونـه أحيـانـاً آخـر الخيميائيين) ويسعى لاكتشاف مـادة تحفّز تحـويل المعـادن الدنيـا الخسيسة إلى ذهب، أو على الأقل تحويل الفضة إلى ذهب.

وجاءته فكـرة (لا ندري من أين. .) انـه قد يحصـل على مثل هـذه المادة الحفّـازة من البـول. . فقـام بعمليـة غلي كميـة كبيـرة من البـول وسط الـروائح الكريهة، لعزل المواد المذابة فيه، فترسبت على شكـل قشرة صلبـة في أوعيته. كـانت هـذه القشـرة تحتـوي، بين مـواد أخـرى، على مـا نسميـه «فـوسفـات الصوديوم». ثم عـالج الـراسب الصلب بالـطريقة المعتـادة في صهر الخـامات، ليرى ما إذا كان يمكنه الحصول على معدن جديد يصلح كحفاز لإنتاج الـذهب، فنتـج عن فوسفـات الصوديـوم، بعض ذرات من الفوسفـور، تمكن «بـرانـد» من عزلها إلى درجة معقولة من النقاوة.

لم يكن أحد من قبل قد شاهد عنصر الفوسفور، كمـا لم يكن أحد يتـوقع وجوده. فكان الفوسفور أول عنصـر يجري عـزله في العصـور الحديثـة، بتاريـخ

معلوم (1674) وفي مكان معلوم (هامبورغ ـ المانيا) ومن قِبل شخص معروف (هانيغ براند).

ولكن ما سبب الإثارة في كل هذا؟.

بالطبع، إن اكتشاف مادة جديدة ذات خصائص لا عهد لأحدٍ بها من قبل، يعتبر حدثاً مثيراً. ولكن كان في الأمر أكثر من هذا.

فالمادة الجديد كانت تتوهج بنور أخضر في الظلام. كانت تلك خاصية خفية وغريبة. فاطلق «براند» على اكتشافه اسم «فوسفور» لإنه كان «يحمل النور» فدخلت الكلمة معجم العلوم من جديد، ولكن باختلاف كليّ عما كان لدى اليونان الأقدمين.

هنالك معادن تتوهّج في الظلام، وهي ظاهرة تسمى «التَّفسفر» أو «الفسفرة» أو التألق الفوسفوري Phosphorescence (ولا علاقة لها بالفوسفور رغم التشابة في التسمية). ولكن التفسفر لا يحدث إلا بعد تعريض المعدن للضوء، وهو يخبو بسرعة مع الوقت. في حين أن الفوسفور يتألق حتى وأن لم يتعرض للضوء، ويستمر في تألقه زماناً طويلاً.

أثار هذا التوهج الضوئي اهتمام الكيميائيين في عصر «براند» ـ كما أثار الراديوم المشع الذي عزلته «ماري كوري» Marie Curie الكيميائيين بعد مرور أكثر من قرنين على ذلك. (بالطبع كان هناك فارق: فالفوسفور يتوهج لإنه يتفاعل تلقائياً وببطء مع الأكسجين، فيطلق طاقة كيميائية، تتحول جزئياً إلى نور. أما الراديوم، فيشع لإن نواته تنشطر (تتفكك) تلقائياً، فتطلق طاقة نووية، تتحول جزئياً إلى نور).

وبسبب الإثارة الناتجة عن التوهج، حاول كيميائيون آخرون الحصول على الفوسفور بأنفسهم. جاء أحدهم إلى «براند» لاستقاء المعلومات، وعندما تلقاها، راح ينتج الفوسفور ويدعي (باطلاً ومن دون جدوى) انه المكتشف الحقيقي. . وعزل الكيميائي البريطاني «روبرت بويل» RobertBoyle (1621 - 1691) الفوسفور في الواقع بشكل مستقل، سنة 1680، إلا أنه جاء بعد «براند» بست سنوات، وبذلك تعود الأسبقية لـ «براند».

والفوسفور من أسرة الزرنيخ والأنتيمون والبزموت. فالأنتيمون والبزموت هما معدنان، ويتميز الزرنيخ بكونه نصف معدني. أما الفوسفور ذو الذرات الواضحة الصغر بالنسبة إلى ذرات رفاقه الثلاثة، فهو ليس من المعادن إطلاقاً.

وكما استخرجه «براند» فهو جسم أبيض شمعي بحيث يدعى في أغلب الأحيان «الفوسفور الأبيض».

من الطبيعي ان يبحث الناس عن طريقة لاستخدام العلاقة بين الفوسفور والنور. اقترح العالم الالماني «غوتفريد ويلهلم ليبنيز» Gottfried Wilhelm Leibiniz (1646 - 1716) بحماس، ان قطعة من الفوسفور ذات حجم كبير تكفي لإنارة غرفة فتلغي استعمال الشموع.

إلا ان صعوبة إنتاج الفوسفور، تجعل كلفة القطعة الكافية منه لإنارة غرفة، تفوق ثمن الشموع المستهلكة دهراً طويلاً.

ثم إن الفوسفور المتوهج يُولّد الحرارة كما يُولّد النور. فإذا لامس مادة قابلة للاشتعال، فقد يشعلها بعد مرور فترة قصيرة. وفي الواقع، فإن الكيميائيين الذين ما كانوا يحفلون بالفوسفور أول الأمر (كما لم يحفل الكيميائيون بداية بالراديوم بعد ذلك) تسببوا عن غير قصد بإشعال حرائق في منازلهم ومشاغلهم.

وهذا ما أثار مسألة إشعال النار بطرق كيميائية.

حتى ذلك الحين، كان إشعال النار يتم عن طريق الاحتكاك. تُحكّ قطعة من الخشب على قطعة أخرى بشدة إلى أن يتولد من ذلك حرارة تكفي لإشعال قطعة من الصوفان، وتستخدم هذه النار الضئيلة لإشعالِ نار كبيرة. أو تُضرَب قطعة من الصوان بقطعة من الصلب، فتحدث شرارة تشعل الصوفان.

ولكن لماذا لا نغلّف طرف عود من الخشب (أو الورق المقوى) بمادة كيميائية خاصة، يمكنها في الوقت المناسب أن تشعل الخشب أو الورق؟ سيكون لدينا عندها نار صغيرة تستمر فترة كافية لإشعال نار أكبر، تدوم مدة أطول. وباختصار، سيكون لدينا عود ثقاب (وهو في الإنكليزية مشتق من كلمة match وتعني «فوهة القنديل»، حيث للزيت المشتعل لهيب شُبِّه به عود الثقاب).

بدأ انتاج عيدان الثقاب الكيميائية هذه، في العقود الأولى من القرن التاسع عشر. والبعض منها لم يعتمد الفوسفور. كان أحد نماذجها ذا مزيج رطب يحتوي على المادة الكيميائية النشطة كلورات البوتاسيوم داخل خرزة (فقاعة) زجاجية في طرف عود، وهو مغلف بالورق كلياً. وعندما ينكسر الطرف، يقوم كلورات البوتاسيوم بإشعال الورق. كان هذا يسمى «الثقاب الپروميثي» Promethean matches، من «پروميثيوس» Prometheus، الإله في الأساطير

اليونانية الذي جاء بالنار من الشمس إلى الكائنات البشرية. إلا أن هذا كان نوعاً بطيئاً وفوضوياً من الثقاب كما هو معروف.

كان كذلك نوع آخر لا يشتعل تلقائياً، إذ يتوجب رفع حرارته عن طريق ضربه بشيء آخر، أي بحكّه على سطح خشن، فيولّد الاحتكاك حرارة تجعل الطرف النشط يتفاعل كيميائياً ويشتعل. هذه العيدان الثقابية الاحتكاكية التي كانت تُصنع من دون الفوسفور، كانت تسمى «عيدان لوسيفر»، من الكلمة اللاتينية التي تعني «حامل النور».

لم يكن لهذه العيدان سوى دور ضئيل في التاريخ الأميركي، كان الأميركيون يسمونها «عيدان لوكو فوكو»، من جهة لأن «لوكوفوكو» قد تعني «الاشتعال التلقائي، قياساً على كلمة «لوكوموتيف» locomotive (ذاتي الحركة)، ومن جهة أخرى كتحريف لكلمة «لوسيفر».

سنة 1835، كان الجناح الليبرالي من الحزب الديموقراطي بمدينة نيويورك، في جدال حار مع الجناح المحافظ. وفي أحد اجتماعات الحزب، شعر المحافظون بالهزيمة، فاطفأوا الأنوار كي يضعوا حداً للاجتماع. إلا إن الليبراليين أشعلوا الشموع بواسطة اللوكوفوكو، وتابعوا المناقشة.

بعد ذلك، أطلق المحافظون من الحزب الديموقراطي على الليبراليين إسم «لوكوفوكو» تعبيراً عن الاستهزاء، وهو أمر سُرَّ له حزب الأحرار فعمم اللفظة على أعضاء الحزب الديموقراطي بكامله.

كانت عيدان «لوسيفر» من دون فوسفور، عسيرة الاشتعال، وإذا اشتعلت أخيراً، فإنها أحياناً ما تطلق رشاشاً من الشرر قد يحرق الثياب واليدين.

ولكن في العام 1831، انتج فرنسي يدعى «شارل صوريا» Charles Sauria أول عيدان ثقاب عملية تحتوي على الفوسفور، محلولاً مع مواد أخرى للتأكد من أن العيدان لن تشتعل قبل حكّها. هذه العيدان، كانت تلتهب بسرعة وهدوء عند حكّها، ولا تفسد إن هي لم تستعمل، مما وضع في النهاية حداً لاستعمال سائر أنواع الثقاب الأخرى.

ولكن كان هنالك محذور. فالفوسفور المستعمل في هذه العيدان شديد السمية. وهو يتسرب إلى أجساد الذين يعملون في صنع عيدان الثقاب، فيسبب لهم انحلال العظام الذي كان يعرف بـ «الفكّ الفوسفوري» ويؤدي إلى الوفاة ببطء وبآلام مبرحة.

هنا أيضاً، كان تشابه مميز مع ما حدث بعد قرن بصدد الراديوم. لم يكن خطر الراديوم والمواد المشعة مفهوماً أول الأمر، إذ كان يدخل بكميات ضئيلة جداً في مواد يُطلى بها وجه الساعات وعقاربها، كي تتوهج في الظلام.

وقد أصيب العاملون في المصانع على الراديوم، بالإشعاع الذي تسبب بموتهم، إلى أن حرّم القانون ذلك في النهاية. (اذكر اني في صغري كنت أحمل ساعة مطلية الأرقام بالراديوم).

ولحسن الحظ، فقد اكتشف سنة 1845، كيميائي نمساوي هو «أنطون ڤون شروتر» Anton Von Schroetter (1802 - 75) ان الفوسفور الأبيض إذا أخضع للحرارة في جو من النتروجين أو ثاني أكسيد الكربون (وهو لا يتفاعل معهما) فإن ترتيب ذارته يتبدل، فيصبح نوعاً آخر من الفوسفور، يسمى «الفوسفور الأحمر» تبعاً للونه.

ومزية الفوسفور الأحمر انه غير سام، ويمكن استخدامه بإمان نسبياً. وهكذا أخذ «شروتر» منذ العام 1851، ينتج ويوصي باستعمال عيدان الثقاب ذات الفوسفور الأحمر. إلا أن هذا الفوسفور، أقل نشاطاً من الفوسفور الأبيض، وبالتالي فإن إشعاله ليس بنفس السهولة. ولهذا السبب، إستمر استعمال العيدان ذات الفوسفور الأبيض حتى نهاية القرن، إلى أن حرّمه القانون. فالمجتمع الذي اضطر إلى الخيار بين الموت الرتيب وبين إزعاج بسيط، اختار الإزعاج أخيراً بعد تردده ومقاومته المعهودَين. ولكن في النهاية، عولجت عيدان الثقاب ذات الفوسفور الأحمر، بحيث أصبحت سهلة الاشتعال إلى درجة كبيرة.

كانت الخطوة التالية، إنتاج «الثقاب المأمون». فالعيدان العادية، يمكن حكّها مع أي سطح خشن، ما دامت جميع المواد الكيميائية المطلوبة لتوليد تفاعل كيميائي يؤدي إلى الحرارة فالاشتعال موجودة في رؤوس العيدان. وبذلك، قد يحدث الاشتعال العفوي فيؤدي إلى حريق غير مقصود، وإلى الأذى أو الموت.

ولنفرض اننا نزعنا إحدى المواد الكيميائية من رؤوس العيدان ـ الفوسفور الأحمر مثلاً ـ ووضعناه على شريط خاص. فالثقاب المأمون الذي يحوي مختلف المواد الكيميائية باستثناء الفوسفور، لن يشتعل إلا إذا حُكّ على هذا الشريط.

هذا يكفي الآن. وسوف يكون لي ما أقوله إضافة حول الفوسفور في الفصل التالي.

6

بدءاً بالعظم

منـذ أيام، ألفيت نفسي محتبسـاً على منصة، بمنـاسبـة غـداء لم يكن من المفتـرض أن أتحـدث خـلالـه. وهــذا بمجرده أمــرٌ رسم العبـوس على وجهي الفتي.. فلماذا تعذيبي بـإجلاسي على منصـة، بدلاً من جلوسي إلى مـائدة مـع زوجتي الحبيبة «جانيت»، ما داموا لا يرجون مني أي نفع؟.

بالطبـع، سوف يقـدمونني، وهـذا يعني على الأقل انني سـوف أتمكن من الوقوف والابتسام بعذوبـة. ولكن تبيّن ان المعرِّفـة لم تكن قد سمعت بي أبـداً، وبالتالي فقد شوّهت إسمي عند تلفظها به، بحيث جعلتني أسارع بالجلوس وأرفض الابتسام.

وهكذا بدا ان ذلك اليوم لن يكون يومي. وفي غـاية اليـأس، رحت أشغل نفسي بكتابة قصيدة فكاهية limerick دعابيـة للسيدة الجـالسة إلى يسـاري والتي كانت «تعرفني».. (في الواقع، كانت هي المسؤولة عن احتباسي هناك).

وأظن انها لاحظت عليّ بعض الاشمئزاز، فحاولت تـطييب خاطـري عن طريق توجيه انتباه الآخرين إليّ. التفتت نحو الرجل الجـالس إلى يسارهـا وقالت «انظر إلى هذه القصيدة الطريفة التي كتبها الدكتور عظيموڤ لأجلي».

ألقى رجل الأعمال على القصيدة نظرة ميتة، ثم توجه نحوي قائلاً: «أتراك

كاتباً بالمناسبة؟».

عجباً! فأنا لا أفترض في الناس أن يقرأوا أشيائي؛ ولكن، سواء قرأوا أو لم يفعلوا، أتوقع على الأقل أن يكون لديهم شك ولو مبهم حول كوني كاتباً..

ولاحظ صديقي الجالس إلى اليسار أن يدي تدبّ نحو السكين بجانب صحني، فقال على الفور:

«أجل، إنه كاتب. وله 350 كتاباً».

وبدون اكتراث، سأل صاحبنا:

«350 قصيدة فكاهية؟».

ـ «كلا. 350 «كتاباً»».

عندها، كان الحوار التالي بيني وبين الرجل:

ـ الرجل (وهو لا يريد التخلي عن القصائد): «هل أنت أيرلندي؟».

ـ عظيموف: «كلا».

ـ الرجل: «إذن، كيف يمكنك كتابة القصائد الفكاهية؟».

ـ عظيموف: «لقد ولدت في روسيا، وأكتب «أوديسيات»(*)..».

ـ الرجل (وقد بدا مشدوهاً): «هل تستخدم منسِّقاً للكلمات؟».

ـ عظيموف: «أجل».

ـ الرجل: «هل تتصور إن بإمكانك النجاح من دونه؟».

ـ عظيموف: «بكل تأكيد».

ـ الرجل (وهو لا يعير أي انتباه): «هل تتصور ما كان يحدث لـ «الحرب والسلم» لو كان لدى «دستويفسكي» منسّق للكلمات؟».

ـ عظيموف (بازدراء): «لا شيء على الإطلاق. فـ «الحرب والسلم» كتبه «تولستوي»!».

بهذا انتهى الحوار. وانصرف اهتمامي إلى تحمُّل الغداء ـ وهذا ما فعلت، ولكن إلى حدٍّ ما..

ومع ذلك، لم يضع كل شيء. فبما أني صادفت ذلك الرجل الأحمق،

(*) في حال عدم معرفتك للأمر ـ وهو ما استبعده ـ فإن «ليمريك limerick» مدينة في جنوب إيرلندة، و«أوديسا» مدينة في جنوب غرب روسيا.

خطرت لي فكرة ان أبدأ مقالي القادم في الخيال والخيال العلمي، بالتحدث عن العظم..

إن الحياة كما نعرفها على الأرض، ترتكز على أساس مائي، حيث الجزيئات من مختلف الأحجام ذائبة أو معلّقة. هذا يعني بشكل عام ان أشكال الحياة قابلة لأن تكون لينة سهلة الانسحاق، كديدان الأرض مثلاً. والحياة في اللين والرخاوة ممكنة، بل إنها كانت كذلك باستمرار إلى أن بلغت الأرض سبعة أثمان (7/8) عمرها الحالي. وهي لم تتطور نحو الصلابة إلا حديثاً، بالمقارنة الزمنية.

وبالطبع، حتى في أقصى ليونتها وقابليتها للانسحاق، لم يكن في مقدور الأجزاء الحية، أن تكون كمحاليل مائية مغمورة في المحيط [البحر]. فلا بد لكل كائن حي من قشرة خارجية تشدّ آلية الحياة الجزيئية إلى بعضها، وتفصلها عن البحر المحيط بها.

لقد تم هذا عن طريق بناء جزيئات ضخمة (سلاسل من جزيئات صغيرة) لتكوين اغشية الخلايا. فقامت الخلايا النباتية ببناء السلّولوز [الألياف الخشبية] في سلاسل طويلة من جزيئات الغلوكوز، أكثر الجزيئات العضوية انتشاراً في الوجود حالياً.

والسلّولوز هو المكوّن الرئيسي للخشب، كما يُعتبر القطن والكتان والورق بشكل عام، من السلّولوز الصافي.

أما الخلايا الحيوانية، فلا تصنع السلّولوز. بل إنها ركّزت على تكوين جزيئات ضخمة أخرى (كالبروتيينات)، بهدف التماسك. فالكيراتين ـ وهو البروتيين القوي الصلب، يشكل المكوّن الرئيسي للبشرة والحراشف والشعر والأظافر والحوافر والمخالب. وثمة بروتيين آخر قوي، الكولاّجين، نجده في الأربطة العظمية والأوتار والأنسجة الرابطة عموماً.

ولكن قبل نحو 600 مليون سنة، وبشكل مفاجىء حسب المقياس التطوري، قامت مجموعات حيوانية مختلفة (شُعَب Phyla ـ أي فئات) بعمل بارع في اعتماد مواد غير عضوية كجدران واقية. كانت تلك المواد ذات طبيعة صخرية اساساً، صلبة قوية وكتيمة حيال محيطها أكثر من أي شيء مكوّن من مواد عضوية. (كانت كذلك أثقل وزناً وأقل حساسية واستجابة، وغالباً ما أدّت

بتلك المخلوقات المثقلة بوزن هذه المادة، إلى حياة لا حركة فيها).

لم تكن هذه «الهياكل» [العظمية] بهدف الحماية فقط، بل كانت تصلح كذلك، كمربط للعضلات، يمكّنها من الشد بمزيد من القوة. إلى ذلك، فإن هذه الأجزاء الصلبة تشكلّ معظم بقايا الحياة الأحافيرية fossil المستحجرة التي نجدها في الصخور الرسوبية. ولكونها تشبه الصخر في طبيعتها، يمكنها أن تتحمل تقلبات (تحت شروط ملائمة) تجعلها أقرب فأقرب إلى الصخور. وبالتالي فهي تحتفظ بشكلها وحجمها الأوليين على مدى مئات الملايين من السنين. لهذا السبب، نرى الأحافير تكثر فقط في الصخور التي لا يزيد عمرها عن 600 مليون سنة، إذ قبل ذلك لم يكن هنالك أي أجزاء صلبة قابلة للتحجر.

كانت أبسط الحيوانات التي طوّرت هيكلاً عظيماً، هي «الشّعاعِيّات» radiolarians ذات الخلية الواحدة. كان لهذه الكائنات المجهرية هياكل جميلة ذات أشواك غير عضوية معقدة، مكونة من «السِّليكا» Silica (ثاني أكسيد السِّليكون) وهي المادة المميزة التي منها تتكوّن الرمال.

إلا أن السِّليكا، رغم كونها وافرة الانتشار، لم تصبح المادة الهيكلية بشكل عام، إذ يبدو أن تداولها يتعذر على العضويات. فالكائن البشري مثلاً، شأنه شأن الحياة الحيوانية عموماً، لا يحوي أياً من مركبات السِّليكون كأجزاء رئيسية من جسمه. وتواجد أيٍّ من هذه المركبات لا يكون إلا مؤقتاً، مصدره تلوثات تُبتلع مع الغذاء.

وبدءاً بأبسط الحيوانات المتعددة الخلايا، فقد طوّرت ميلاً نحو تكوين هياكل مؤلفة من مركبات الكلسيوم الذي يُعرف كذلك بالجير أو حجر الكلس.

تتكوّن الأصداق البحرية في أعضاء شعبة «الرخويات» Mollusca (البطلينوس، المحار، القوقع أو البزاق) من كربونات الكلسيوم. وهذا ينطبق كذلك على أعضاء فئات أخرى كالمرجان والحيوانات الطحلبية والصدق القنديلي وغيرها. ولهذا فإن قشرة البيض التي تصنعها الزواحف والطيور، هي أيضاً من كربونات الكلسيوم.

إلا أن شعبة «المفصليات» Arthropoda توصلت إلى تسوية. فهي لم ترزح تحت ثقل الصدف الذي يقعدها عن الحركة في جمود كالمحار، بل

تفادت الاستقواء غير العضوي كلياً، واكتفت بالجزيئات العضوية الضخمة، إلا أنها قامت بتحسين هذه الأخيرة.

فالمفصليات (التي تشمل كائنات مثل الكركند والسرطان (سلطعون) والإربيان (قريدس) وسائر أنواع الحشرات والعناكب والعقارب والمئينية (الحرش أو أم أربع وأربعين)، جميعها ذات هيكل من «الكيتين» Chitin (مادة قرنية)، عن اليونانية بمعنى الدرع أو الصدف.

والكيتين جزيء ضخم مؤلف من وحدات السكّر، أكثر ما يشبه السلّولوز، ولكن مع فارق واحد. ففي حين يتألف السلّولوز من وحدات الغلوكوز (النوع الشائع والبسيط من السكّر)، نرى أن الكيتين تتألف من وحدات «غلوكوزامين». فكل من الغلوكوزات في سلسلة الكيتين يتغيّر مع وجود مجموعة صغيرة تحتوي على النتروجين، وهذا يكفي لجعل الكيتين مختلفة جداً في خواصها عن السلّولوز.

والكيتين قوية بحيث تصلح للحماية، كما أنها مرنة وخفيفة الوزن، تسمح بالحركة السريعة النشطة. ففي الواقع، إن الحشرات، على الرغم من هياكلها الدقيقة الكيتينية، تتمتع بحركية تمكّنها من الطيران (ولكن ثمن ذلك بالطبع، بقاؤها صغيرة الحجم).

وقد يعود للكيتين، نجاح المفصليات المدهش: فهناك أنواع في المفصليات أكثر بكثير مما في سائر الفئات الأخرى مجتمعة.

وهذا يقودنا إلى «الحبليات» Chordata، آخر الشعب التي جاءت إلى الوجود (متحدرة من أشباه «نجم البحر»)، قبل حوالي 550 مليون سنة. وما يميّز الحبليات عن سائر الشعب الأخرى، هو أولاً: ان لها حبلاً عصبياً مجوفاً غير مُصْمَت حول الظهر ـ لا حول البطن. وثانياً: إن لها شقوقاً خيشومية تُدخل فيها الماء، وترشّح الغذاء (على اننا لا نرى هذا في الحبليات البرّية إلا خلال المراحل الجنينية أو اليرقانية).

يتألف الحبل الظهري في معظمه من «الكولاّجين» Collagen، وهو نموذج لهيكل داخلي أكثر منه للخارجي الذي نجده لدى سائر الشعب الأخرى. وقد نجد هياكل داخلية بشكل غير نظامي في عدد من المناسبات لدى بعض الشعب الأخرى، إلا أن الحبليات وحدها، تطورت بحيث اختصت بها. لقد ذهبت إلى

أبعد من المفصليات، فتركت الجلد الخارجي بدون حماية، وأبقت الهيكل في الداخل، حفاظاً على الشكل والوحدة التمامية، وكمرساة للعضلات. إن الليونة والقابلية للجرح في الجلد غير المحمي، تعوّض عنها القدرة والقوة والحركية التي تتمتع بها الحبليات، بفضل الهيكل الداخلي ـ الخفيف نسبياً والقوي مع ذلك. ولا غرابة في ان الحيوانات الأكبر والأقوى والأسرع والأذكى والأكثر نجاحاً بشكل عام من سائر الكائنات، هي الحبليات.

في تاريخ الحبليات المبكّر، استُبدل عود الحبل الظهري البسيط بسلسلة أجزاء منفصلة من الأنسجة الهيكلية التي تضم الحبل العصبي، مما يمنحه حماية إضافية. هذه الأجزاء هي «الفقرات» التي تشكل العمود الفقري. وجميع الحبليات الحالية ـ باستثناء ثلاث مجموعات بدائية جداً من المتعضيات البائدة ـ هي ذات فقرات، وتؤلف الشعيبة الفقارية Vertebrata وتسمى «الفقاريات».

كانت الفقاريات المبكرة التي برزت قبل حوالي 510 ملايين سنة، الأولى في تطوير العظم، وهو مادة هيكلية غير عضوية مؤلفة من مركبات الكلسيوم إلا إنهاليست كربونات الكلسيوم بالحصر. كان هذا العظم مقتصراً على خارج الجسم، خصوصاً منطقة الرأس. وتسمى هذه الفقاريات المبكرة «الدرداوات» ostracoderms (من اليونانية بمعنى «الجلد الصدفي»). كانت الفقرات داخل الجسم غضروفية مكوّنة بشكل رئيسي من الكولاجين.

إلا أن الهيكل الخارجي للدرداوات، كان يحد من الحركة، وبالتالي فهو لم يكن أداة ناجحة على العموم. فالفقاريات المجردة من الدرع الخارجية والتي تعتمد على الحركة والرشاقة، أكثر نجاحاً من سواها. وحتى اليوم، فإن تلك الحبليات ذات الدرع الخارجية، كالسلحفاة والمدرّع(*) armadillos والبنغول Pangolin(**)، لا تعتبر ناجحة.

تطورت الدرداوات في اتجاهين، فكونت المزيد من الهيكل الداخلي مع امتدادات غضروفية أتاحت بروز أربعة أطراف، وكذلك امتدادات أخرى أتاحت تحرك الفكّين. ثم تخلت عن الدرع الخارجية، لتصبح سمك القرش وما إليه

(*) حيوان ثديي من الدرداوات ذو درع عظيمة ينكمش داخلها عند الخطر ـ المترجم.

(**) البنغول أو «أم قرفة» ذو جسم مكسو بقشور صلبة تشبه حراشف ـ المترجم.

من المتعضيات الحالية. فسمك القرش لا هيكل عظمي له، بل غضروفي (رغم إن أسنانه من مادة شبه عظمية). ولا يزال ناجحاً حتى يومنا هذا.

أما في الاتجاه الآخر، فإن الدرداوات ذات الأطراف والفكين لم تتخلَّ عن درعها الخارجية كلياً، بل سحبت بعضاً منها إلى تحت الجلد. فالدرع التي كانت تحمي الرأس، أصبحت جمجمة تحمي الدماغ وأعضاء الحِسّ. وامتد العظم كذلك إلى باقي الهيكل، وبهذه الطريقة برزت «العظميات» osteichthyes (من اليونانية بمعنى «السمك العظمي»)، قبل حوالي 420 مليون سنة، وهي حتى الآن تسود مياه الأرض.

من السمك العظمي، تطورت القوازب (مفردها قازب) أي «البرمائيات» amphibians، ومن البرمائيات كانت «الزواحف» reptiles التي منها تطوّرت الطيور و«الثدييات» mammals. واحتفظت هذه جميعاً بهيكلها العظمي الداخلي، وهذا بالطبع يشمل الإنسان: إنه علامتنا كفقاريات، فكل ما لم يكن فقارياً، لا عظم له.

والعظم، شأنه شأن صدف المحار، هو من مركبات الكلسيوم. فكيف إذن، تتميز العظام عن صدف المحار؟

أول من أجرى تحليلاً كيميائياً ناجحاً للعظم، عالِم المعادِن السويدي «جوهان غوتليب غاهن» Johann Gottlieb Gahn (1745 ـ 1818). استخدم الطريقة الجديدة يومها، في التحليل بواسطة الجِمْلاج (أي أنبوب النفخ). فالنفخ بالأنبوب يكوّن لهباً صغيراً شديد الحرارة يسخّن المعادن. ويمكن للخبير الحاذق بعد ذلك أن يفسر طريقة ذوبانها أو تبخرها، واللون الذي تشكّله، وخصائص رمادها. في العام 1770، أخضع «غاهن» العظم للتحليل الجملاجي، فوجد أنه يحتوي على فوسفات الكلسيوم الذي ينطوي جزيئه ـ كما تدل التسمية ـ على ذرة من الفوسفور.

في الفصل السابق، أشرت إلى كيفية اكتشاف الفوسفور قبل حوالي قرن من اكتشاف «غاهن». فقد تمّ الحصول عليه من البول، الأمر الذي أوحى بأنه قد يكون من مكونات الجسم (أو أنه تلوّث يفرزه الجسم بالسرعة الممكنة). كان «غاهن» أول من أشار إلى مكان خاص من الجسم حيث يمكن تواجد الفوسفور: وهو العظم.

إلّا أن العظم موجود عند الفقاريات فقط. فماذا عن الحيوانات غير الفقارية؟ وماذا عن النبات؟ أيكون تواجد الفوسفور مقتصراً على مكان واحد، أم أنه من المواد الكونية التي تدخل في سائر أشكال الحياة؟

سنة 1804، نشر عالم أحيائي سويسري هو «نقولا ثيودور دي سوسور» Nicolas Theodore de Saussure (1767 ـ 1845) عدداً من تحاليل مختلف النباتات لما تحويه من مواد معدنية قابلة للذوبان (في الماء)، وكذلك للرماد المتبقي بعد حرقها. فوجد أن الفوسفاتات موجودة على الدوام، مما قد يدل على أن مركبات الفوسفور كانت من المكوّنات الكونية للحياة النباتية، وربما لكل حياة.

من جهة أخرى، قد تأخذ النباتات ذرات مختلفة من التربة التي تنمو فيها، وحتى قِلّة نسبية مما لا تحتاج إليه. في هذه الحال، وبما أن النباتات لا تتمتع بالنظام الإبرازي الفعّال كما الحيوانات، فقد تختزن الذرّات غير اللازمة في زوايا عَرَضية من أنسجتها، فتظهر في التحليل. وهكذا اكتشف «سوسور» كذلك كميات ضئيلة من مركبات السليكون في رماد النباتات. وحتى اليوم، لا نجد دليلاً واضحاً على أن أيّاً من السليكون أو الألومينيوم هو أحد مكونات الحياة الأساسية.

وقد نعمل من الطرف الآخر، لنعرف ما هي العناصر التي تسهم في نمو النبات. لقد اتضح منذ أقدم الأزمنة في زراعة النباتات، أنها تمتصّ المواد الحيوية من التربة، وأنه إذا لم تُعَدْ هذه المواد للتربة، تصبح ماحلة مجدبة تدريجياً. وبالمصادفة، اكتُشِف أن مختلف المنتجات الحيوانية ـ كالدم، والعظام المسحوقة والأسماك المهترئة إلخ. . ـ يفعل فعل «الأسمدة». والسماد الأكثر شيوعاً، نظراً لكونه قريب المتناول، كان البراز الحيواني (أو البشري). كان من انتشار استعماله أن كلمة «أسمدة» تُعتبر حتى يومنا هذا، مرادفاً مهذباً لكلمة براز المشتقة بدورها من كلمة باللغة الفرنسية القديمة تعني «زَرَع» ـ وهي مرادف مهذب لما تعرفون.

والمشكلة في البراز وغيره من النواتج الحيوانية، هي أنها بالغة التعقيد من الناحية الكيميائية بحيث لا يمكننا التأكد من مكوناتها التي تقوم بعملية التسميد لأنها ضرورية لنمو النبات، أو أن نعرف لأيٍ منها بمفرده يعود الفضل في ذلك.

ولكن في القرن التاسع عشر، نشأ تيار لاستبدال السماد البرازي. فمن

جهـة، إن البراز يُنتِن (كما نعرف جميعاً) فيشوّه «الهـواء النقي» في الأريـاف. وهو، من جهة أخرى، يحمل جراثيم الأمراض، إذ كان على الأرجح من أسبـاب انتشار وتفاقم الأوبئة التي ضربت العالم في العصور القديمة.

كـان الكيميـائي الألمـاني «جـوستـوس ڤـون ليبيـغ» Justus von Liebig (1803 ـ 73) أول من قـام بدراسـة مفصّلة للأسمـدة الكيميائيـة، فأوضـح بشكل قاطع سنة 1855، أن الفوسفاتات ضرورية للتسميد.

إذا كانت الفوسفاتات ضرورية للنبات، واحتمالاً بالتالي للحيـوان، فلا بـدّ من أن تتواجد في مكان آخر غير العظام. يجب أن تتـواجد في الأنسجـة اللينة، وهـذا يعني أنه لا بـدّ من وجود بعض المـركبـات العضـويـة للعنـاصـر العـاديـة المتـواجدة في مثـل هذه المـواد (كـربـون، هيـدروجين، أكسجين، نتـروجين، كبريت) ولكن مع ذرّات إضافية من الفوسفور.

لقد تبيّن وجود مثل هذا المـركّب في الواقـع، وحتى قبل أن ينجـز «ليبيغ» نظامه التسميدي. ففي سنة 1845، كان الكيميائي الفرنسي «نقولا تيودور غوبلي» Nicolas Theodor Gobley (1811 ـ 76) يدرس المادة الـدهنية في مُـحّ (صفار) Yolk البيض. وحصل على مادة وحلّها بالماء، فتوصّل إلى الأحماض الدهنيـة. وهذا ما يمكن توقعه من أي مادة دهنية تحتـرم نفسها. إلّا أنـه حصل أيضاً على «الحمض الغليسيروفوسفوري» glycerophosphoric acid، وهو عبارة عن جُزَيء عضوي يحتوي على ذرة فوسفور. وفي سنة 1850، أطلق على المادة الأولية اسم «ليسيتين» lecithin، من الكلمة اليونانية بمعنى «صفار البيض».

لم يتمكن «غوبلي» من التحليل الكيميـائي الدقيق، ولكننـا نعرف الآن مـا هو. فجزيء الليسيتين مكوّن من 42 ذرة كربون، و 84 ذرة هيدروجين، و 9 ذرات أكسجين، وذرة نتروجين، وذرة فوسفور، أي ذرة فوسفور واحدة من بين 137 ذرة مجتمعة. إلّا أن هذا يكفي لإثبات وجود الفوسفاتات العضوية.

وثمـة مركبـات أخرى مشـابهة اكتشفت منـذ ذلك الحين، وهي تسمّى في مجموعها «الفوسفوغليسريدات» phosphoglycerides.

والواقع أن الفوسفوغليسريدات يمكن أيضاً اعتبارهـا من المواد الهيكليـة، فهي تسـاعد على تكـوين أغشية الخـلايا والمـادة العازلـة بـالنسبـة إلى الخـلايـا العصبية. كذلك نجد أن المادة البيضاء في الدماغ (بيضـاء بسبب الطبقـة الكثيفة

العازلة من المواد الدهنية) والتي تحيط بألياف الأعصاب، غنية بالفوسفوغليسريدات.

عندما اكتُشف هذا لأول مرة، ساد الاعتقاد بأن للفوسفور علاقة بالعمل الفكري، فانطلق الشعار الذي يقول: «لا فوسفور، لا تفكير». من ناحية، كان هذا صحيحاً: ذلك أنه إذا لم تكن ألياف الأعصاب معزولة جيداً، فإنها لن تعمل، وبالتالي فلن نفكّر.. ولكنها علاقة غير مباشرة. فما دامت الكليتان ضروريتين للحياة البشرية، يمكننا كذلك القول: «لا كلى، لا تفكير». وهو صحيح أيضاً، ولكنه لا يعني أننا نفكّر بكليتينا..

واكتُشِف كذلك أن الأسماك غنية إلى حد معقول بالفوسفور، فنشأت الخرافة القائلة بأن السمك هو «غذاء الدماغ». ولا بدّ أن هذا جاء في الأساطير الغذائية الشعبية بعد المفهوم (الذي شجعته حكاية الشخص الخيالي الطيب الذكر «پوپاي» Popeye) الذي يزعم أن السبانخ هي المدخل للقوة الخارقة الفورية. كان «برتي ووستر» Bertie Wooster ـ ذلك الشاب المحبب ولكن البليد الإدراك نوعاً، الذي اخترعه «پ.ج. وودهاوس» P.G.Wodehouse ـ يلحّ على خادمه الذكي «جيفز» Jeeves بأن يأكل بعض السردين، كلما اعترضه مشكل طارىء خاص.

وبعد اكتشاف الليسيتين، انهار السدّ، فتم اكتشاف فوسفاتات عضوية أخرى. وتبيّن أن مجموعات الفوسفات جزء من الپروتيين في الحليب والبيض واللحم. والواقع أن الفوسفور كان ضرورياً للحياة نفسها، وليس للخلفية الهيكلية وحدها.

ولكن، ما هو «عمل» الفوسفور وسائر مجموعات الفوسفات هذه؟ إذ لا يكفي أن تكون موجودة، بل لا بدّ لها من وظيفة ما.

جاء أول إلماع في هذا الاتجاه سنة 1904 عندما كان العالِم الاحيائي الإنكليزي «آرثر هاردن» Arthur Harden (1865 ـ 1940) يدرس الخميرة yeast، ويحاول تحديد التفاصيل الكيميائية لكيفية تخميرها السكّر إلى كحول. كان ذلك نتيجة لوجود الأنزيمات. وفي تلك الأيام، لم يكن معروفاً عن الأنزيمات سوى الاسم (من اليونانية بمعنى «في الخميرة» in yeast) وسوى أنها تسبب تغيرات كيميائية.

وضع «هاردن» الخميرة المسحوقة التي تحتوي على الأنزيمات، في كيس مؤلف من غشاء مسامي يسمح بمرور الجزيئات الصغيرة ـ دون الكبيرة. وبعد أن أبقى الكيس في وعاء مائي فترة تتيح للجزيئات الصغيرة جميعاً الإفلات، وجد أن المادة داخل الغشاء لم تعد تخمّر السكّر. لم يكن هذا يعني أن الأنزيمات كانت جزيئات صغيرة أفلتت، لأن الماء خارج الغشاء لا يخمّر السكّر كذلك. أما إذا مزجت مادة الوعاء مع مادة الكيس، أمكنهما معاً تخمير السكّر.

بهذه الطريقة، بيّن «واردن» أن الأنزيم يتألف من جُزيء كبير (أنزيم) يعمل مع جزيء صغير (coenzyme أو أنزيم مساعد) بالتعاون. واكتشف «هاردن» أن الأنزيم الصغير يحتوي على الفوسفور.

هذا يعني أن الفوسفور ضالع بشكل مباشر في التغيرات الجزيئية التي تجري داخل الأنسجة. فالفوسفاتات كانت جزءاً من الأنزيمات المساعدة التي تعمل مع العديد من الأنزيمات. ولم يكن هذا كل شيء.

إن مستخلصات الخميرة تخمّر السكر بسرعة أول الأمر، ولكن نشاطها يتضاءل مع الوقت. والاستنتاج الطبيعي هو أن الأنزيم يتحلل تدريجياً. ولكن «هاردن» بيّن أن الأمر قد يكون غير ذلك. فإذا أضاف بعض الفوسفات غير العضوي للمحلول، يعود نشاط الأنزيم بأشد مما كان، ثم يختفي الفوسفات غير العضوي.

فماذا جرى لهذا الفوسفات؟ ولا بدّ له من أن يلتحق بشيء ما. وبحث «هاردن»، فاكتشف أن مجموعتين من الفوسفات قد انضمتا إلى الفروكتوز، وهو سكّر بسيط. والجزيء الناتج ـ «فروكتوز ـ 1، 6 ـ ديسفوسفات» ـ يدعى أحياناً «إستِر هاردن ـ يونغ» Harden - Young ester، تكريماً لـ «هاردن» ولمساعده «و. ج. يونغ» W.J.Young.

يعتبر إستر «هاردن ـ يونغ» مثالاً «للوسيط الاستقلابي»، وهو مركّب يتكوّن في سياق الاستقلاب ما بين نقطة الانطلاق (السكّر) ونقطة الانتهاء (الكحول). ومرة أخرى، فبعد تحقيق الخطوة الأولى، تتبعها خطوات أخرى، وهكذا اكتشف العديد من المركبات الاستقلابية الوسيطة التي تحتوي على الفوسفور.

ولكن لماذا تكون هذه الوسائط الاستقلابية التي تحتوي على الفوسفور مهمة؟ لقد اهتدى للجواب، عالم الكيمياء الحيوية الالماني ـ الأميركي «فرتز ألبرت ليپمان» Fritz Albert Lipmann (1899 ـ 1986) وذلك سنة 1941. فقد

لاحظ أن معظم الفوسفاتات العضوية، تولِّد عند حلّها بالماء وتفكك مجموعات الفوسفات، مقداراً من الطاقة يقارب المتوقّع منها.

من جهة أخرى، فإن أملاح الفوسفات العضوية، تطلق عند حلّها بالماء، مقداراً أكبر من الطاقة. وهكذا أخذ «ليبمان» يتحدث عن رابطة الفوسفات ذي الطاقة المنخفضة، ورابطة الفوسفات ذي الطاقة العالية.

يحتوي الغذاء على مقدار كبير من الطاقة الكيميائية. وهو عندما يتحلل، ينتج من الطاقة أكثر مما يستطيع الجسم امتصاصه بسهولة. وهناك خطر من ضياع معظم الطاقة. ولكن مع سير السلسلة الاستقلابية، يتولد في كل لحظة ما يكفي من الطاقة لتحويل رابطة الفوسفات الضعيف الطاقة، إلى رابطة فوسفات عالي الطاقة، ذي قدر مناسب منها.

والأمر أشبه بما لو كان الغذاء مؤلفاً من أوراق نقدية فئة المئة دولار، لا يتسنى للجسم صرفها، ولكن عندما يتحلل ويكوّن روابط الفوسفات العالي الطاقة، يصبح كما لو أنّ الأوراق النقدية فئة المئة دولار، قد استُبدلت بأوراق من فئة الخمسة دولارات، يسهل تداول كلٍّ منها.

إن أكثر روابط الفوسفات العالي الطاقة ـ المألوفة والكلية الوجود في الجسم ـ تعود إلى جزيء يدعى: «أدينوزين تريفوسفات» ATP، وهو «هو» الذي يتولى شؤون الطاقة في الجسيم. ولبضعة سنوات اعتبر ATP المركّب الفوسفوري الرئيسي للحياة.

ولكن، ومنذ العام 1869، قام الكيميائي السويسري «جوهان فردريك ميشر» Johann Frederich Mischer (1844 ـ 95) بعزل مادة عضوية من الصديد pus (القيح) تحتوي على الفوسفور. فنقل ذلك إلى رئيسه، عالم الكيمياء الحيوية الالماني «أرنست فليكس عمانوئيل هوب ـ سيلر» Ernst Felix Immanuel Hoppe - Seyler (1825 ـ 95) الذي كان يشك في قيمة الاكتشاف. في ذلك الوقت، كانت الليسيتين التي اكتُشِفت قبل 24 عاماً، وحدها المادة العضوية المعروفة التي تحتوي على الفوسفور، وكان «هوب ـ سيلر» يخشى التعرض للسخرية إن هو سمح لمختبره بتقرير وجود مادة أخرى، قبل «التأكد» من حقيقة الاكتشاف (وهذا هو العلم المسؤول!). وبعد مرور سنتين، توصل إلى عزل المادة من مصادر أخرى أيضاً، وانتهى أخيراً إلى الخلاصة بأنه اكتشاف حقيقي موثوق.

وبما أن نويات الخلية كانت تبدو غنية بهذه المادة، فقد دعيت «نيـوكليين» nuclein. بعد ذلك، ومع التعمق في كيميائها بشكل أفضل، أصبحت «الحمض النووي» nucleic acid.

وباختصار، فقد احتلت الأحماض النووية منذ العام 1944، مـركزاً حسـاساً في نـظر علماء الكيميـاء الحيويـة، وبخـاصـة النـوع المسمّى «الحمض الـريبي النـووي منقوص الأكسجين» deoxyribonucleic acid DNA، الـذي يعتبـر الآن مفتـاح الحيـاة ومكـوّنهـا الأسـاسي. إنـه «مخـطّط بنـاء» البـروتيين، كمـا أن البروتيينات (وبخـاصة منهـا الأنزيمـات) هي التي تضبط وتحكم كيمياء الخليـة، وتصنـع الفارق بينـك وبيني، وبين أيٍّ منا وشجـرة السنديـان أو الأميبا الـوحيدة الخلية.

قد يبدو الأمر إفراطاً على الأرجح في تبسيط الموضوع، ولكني أميل بشدة إلى القـول: «أن الحيـاة كلهـا هي الحمض النـووي، أمـا البـاقي فشـرح أو تعليق..».

«ولا يسعني إلا أن أذكـر «كـورل» Coeurl، القـزم السنـوري الغـادر في قصة «أ. أي. ڤان فوغت»: «المدمِّر الأسود» الذي كان يعيش على كوكب غـاض منه الفـوسفور كليـاً ـ ثم أحسّ بوجـود الفوسفـور في عظام البشـريين من المستكشفين، فور وصولهم في مركبة فضائية. لقد نشر هذا سنة 1939، قبل مدة طويلة من إدراك أهمية الأحماض النووية!).

القسم الثاني

النظام الشمسي

7

القمر، ونحن

يمكنني أحياناً أن أستبق سؤالاً ما، وأن أكون مستعداً له.

فمثلاً، لقد وجدتني منذ أيام، ضالعاً في مناظرة من بُعد، مع ثلاثة آخرين من كتّاب الخيال العلمي. كان اثنان منهما في سيدني ـ استراليا، استعداداً لحضور المؤتمر العالمي حول الخيال العلمي المنعقد هناك. وكان الثالث في أوكلاند ـ نيوزيلندة ـ في طريقه إلى ذلك المؤتمر. أما أنا، فكنت في نيويورك لأني لا أسافر.

كانت المناظرة حول «حرب النجوم» [للرئيس] «ريغان». اثنان من الكتّاب يؤيدانها، واثنان يعارضانها. وكنت أحد المعارضَين.

ذهبت إلى استديو هنا في نيويورك. وفي السابعة مساء شرعوا في تأمين الاتصال الثلاثي بين نيويورك وسيدني وأوكلاند، بمساعدة آخرين في لندن. واستغرق ذلك بعض الوقت.

كنت في العادة أفقد الصبر بسرعة، وآخذ في الزمجرة لدى مثل هذا التأخير، إذ تُشعِرني كل دقيقة بكوني في احتباس قسري عن آلتي الكاتبة. غير أني، هذه المرة، حاولت أن أبدو هادئاً ـ بل منشرحاً، لأني كنت أتوقع السؤال الأول.

أخيراً تمّ الاتصال، وأسعدني أن قدموا لي السؤال الأول.

قال المضيف: «سيد عظيموف، هل تعتقد أن حرب النجوم سوف تكون ناجحة؟».

فأجبت بشيء كهذا: «إن حرب النجوم سوف تشمل في ما تشمل، حاسبات إلكترونية أشد تعقيداً بكثير ممّا هو لدينا حالياً، وأجهزة لم يتم تطويرها بعد، وعدداً من العمليات التي لم يسبق أن قمنا بها أبداً. بعد أن ننتهي من إعداد كل ذلك ـ إذا تمكنا ـ فسيكون النظام الأكثر تعقيداً بكثير من كل ما سبق لنا أن عملنا به. ولن تسنح الفرصة لاختباره ميدانياً إلّا إذا اختار الاتحاد السوڤياتي أن يشنّ هجوماً نووياً شاملاً. عندها، سيكون على النظام أن يعمل، ولأول مرة، بانطلاق مدروس، وبدقة وفعالية مثاليين، وإلا فالحضارة سوف تدمر.

«ثم إن لدينا الراديو منذ ثمانين عاماً، والأقمار الاصطناعية للاتصال منذ خمسة وعشرين عاماً. وعندما أردنا تأمين الاتصال بهذه الوسائل القديمة والمجربة جيداً، استغرق ذلك معكم خمساً وثلاثين دقيقة من الضبط والتنسيق. فبصراحة، هل تعتقدون «أنتم» بأن حرب النجوم سوف تكون فعالة، وهل تقبلون المغامرة بالعالم فيها؟».

ومع أني لا أحب الدخول في المناظرات، فلا بدّ لي من الاعتراف بأني كنت سعيداً في تلك اللحظة.

ولكن هنالك أحيان «لا» أتوقع فيها الأسئلة أو استبقها. وقد برز موضوع هذا المقال من أمرٍ فاجأني كلياً. وها هو:

إنني أكتب افتتاحية لكل عدد من «مجلة إسحاق عظيموف للعلوم الخيالية»، حول بعض الموضوعات التي تهم الخيال العلمي.

وفي عدد أيار/مايو 1985، كتبت افتتاحية بعنوان «ضوء القمر»، مستوحاة من الأفلام السينمائية التي شاهدتها، حيث يتحوّل الرجال إلى ذئاب أو يتخذون سلوكاً شاذاً وعنيفاً، في ليالي البدر الكامل. مضمون ذلك، أن ثمة شيئاً في ضوء القمر المكتمل (البدر) يؤثّر تأثيراً مشؤوماً على الجسم البشري (القمر يكتمل مرة واحدة في كل شهر بالطبع، ولكنه، في تلك الأفلام كان يكتمل كل يومين. . على نفس المبدأ حيث المسدس ذو الطلقات الست في أفلام «الغرب»

يطلق معدل سبع وثلاثين رصاصة دفعة واحدة من دون إعادة تذخيره).

ولكن في ملاحظة أكثر «علمية»، يـذكر النـاس باستمـرار أن نسبة جـرائم القتـل وحوادث الانتحـار وأعمـال العنف عمـومـاً، تـرتفـع مـع اكتمـال البـدر. ومضمون هذا أيضاً أن ثمة شيئاً غريباً ومخيفاً في ضوء القمر آنذاك.

وهكـذا تأملت في افتتـاحيتي احتمال أن يكـون هنـاك، حقـاً، أي تفسيـر عقـلاني للتبدلات الـدورية في السلوك البشـري، التي تتزامن مـع أطوار وأوجـه القمر.

بالتأكيد، ما من شخص عاقل يمكنه الاعتقاد بأن مجرد ضوء القمـر، يؤثر جـدياً في المخلوقـات البشريـة. فهو بعـد كـل شيء، ليس سـوى نـور الشمس المنعكس والمستقطب نوعـاً ما. وحتى ولـو كان لضـوء القمر من تـأثير، فلمـاذا يكون هذا التـأثير وقفـاً على القمر المكتمـل (البدر) في حين أن الهـلال (الربـع الأول أو الـربع الثـالث)، أو حتى قبل يـوم أو بعد يـوم من اكتمالـه، لا تأثيـر له البتة. أعتقد أن لا أحد يصر جدياً على أن ضوء القمر ليلة اكتماله، يختلف عنه في الليالي الأخرى، إلى درجة يُحوّل إنساناً إلى ذئب. فبالنسبة إليّ، لست أرى كيف يمكن لمثل هذا الضوء أن يؤثر في السلوك البشري بأي طريقة خاصة.

بالطبع، قد يقـول أحدهم إن تـأثير ضـوء القمر غيـر مباشـر. فليلة اكتمال البـدر تكون أكثـر استنارة من الليـالي الأخرى، وهـذا ما يشجـع النشاط الليلي، وبالتالي الجرائم الليلية. . ولكن، لننظر في هذا:

1 ـ إن الليـل يكون ذا نـور جيد طـوال الأسبوع البـدري، وهـو ليس أكثـر استنـارة بكثير منـه في الليلة التي تسبق أو تتبع اكتمـال القمر. فلمـاذا كـل هـذه الضجة حول ليلة البدر الكامل بالذات إذن؟

2 ـ غالباً ما تكون السماء غائمة، وبالتالي قد يكون الليل مـظلماً حتى في ليلة اكتمـال البـدر. فهـل تقـع كـل الأحـداث المميـزة التي تنسب إلى البـدر المكتمل، في الليالي الصافية دون سواها؟ لم أسمع بشيء من هذا.

ولكن قد يناقش أحدهم كوني لم أدرس «تأثير القمر» بالتفصيـل، أو يزعم أن مستوى الجريمة والسلوك الشاذ، يرتفع «فعـلاً» ثم ينخفض مع مستـوى النور الليلي، وانه أكثر بروزاً عندما تكون السماء صافية، منه عندما تكون غائمة. وأنا أشك في ذلك، ولكن دعنا نسلّم به جدلاً وننتقل إلى النقطة التالية.

3 ـ إن مثيري الضجة حول أطوار القمر الذين يعتقـدون أن الإنارة القمـرية

الليليـة أمر ذو أهميـة، يعيشـون ـ في أحسن الحـالات ـ عـالم مـا قبـل قـرن من الزمن. فنحن نعيش اليوم في عصر الإنارة الاصطناعيـة؛ وليلة بعد أخـرى، نرى المدن الأميركية بقوة تُخرِج علماء الفلك عن صوابهم وهم ينشدون الـظلام الذي يُسهّل عليهم أبحاثهم ومشاهداتهم أو أرصادهم. فماذا يعرف الرجـل العادي عن أطوار القمر في هذه الأيام، ومن يهتمّ بذلك؟ وضوء القمر، سواء كان مكتملاً أو شبه مكتمل أو معدوماً، لا يشكل فارقاً في مستوى الإنـارة الإجمالي لأي منـطقة مأهولة إلى حد ما في الوقت الحاضر.

ولكن قد يزعم أحد أن تأثير القمر أبعـد حساً من ذلـك المقصود بضـوئه. فقـد يتوقف تـأثير القمـر على شيء لا يواجـه منافسـة من الإنارة الاصـطنـاعيـة، فيخترق أي غيوم قد تتواجد، ويبلغ حدّه الأقصى مع اكتمال البدر.

والأسئلة كثيرة. ولكن الواقع أن للقمر تأثيراً فعلياً على الأرض، وهو تـأثير مستقل تماماً عن ضوئه؛ ولا يواجه منافسة من أي شيء أرضي؛ ويخترق بـالفعل الغيوم وأي حاجز آخر محتمل، إلا أنه ليس قوة سِرّيـة بنوع خـاص؛ هذا التـأثير هو جاذبية القمر.

للقمر تأثير مَدّي(*) على الأرض، كنتيجـة لحقل جـاذبيته. فـالجزر يكـون عند طلوع القمر وعنـد مغيبه، والمـدّ عندمـا يكون القمـر في منتصف رحلته بين غروبه وطلوعه، سواء كـان مروره بخط الـطول عاليـاً في السماء، أو كـان بعيداً أقصى البعـد تحت الأرض، في خط الطول المقـابل من الجهـة الأخـرى للكـرة السماوية.

الأكثر من ذلك، إن المد يكون في أقصى حدّه المعتاد أو أدناه، مع تبـدل الموقع النسبي للقمر والشمس، ما دام حقل جاذبية هذه الأخيـرة يؤدي إلى المدّ (ولو أقل من فعـل جاذبيـة القمر). وهـذا يعني أن المدّ يكـون أعلى أو أدنى مع تغيّر أطوار القمر، إذ ان التأثير المدّيّ يتوقف كذلك على المواقـع النسبية للقمـر والشمس.

ففي طور البدر (القمر المكتمل) وفي طور الهلال (القمـر الجديـد) يكون جذب كل من القمـر والشمس، على خط واحد [أي متـرافدين] وبـالتالي يكـون عندها المد في أعلى حدوده، والجزر في حده الأدنى. وعنـدما يكـون القمر في

(*) ما يتعلق بحركة المدّ والجزر ـ المترجم.

الربع الأول أو الثالث، يكوّن جذب القمر والشمس متعامدين، أي بزوايا قائمة أحدهما مع الآخر. عند ذاك، يكون المد في ارتفاعه الأدنى، والجزر في انحساره الأقل.

بكلمة أخرى، هنالك دورتان للمد، إحداهما دورة ارتفاع وانحسار بسيطة تتكرر كل يوم مرتين، والأخرى دورة مدّ وانحسار بطيئين، تتم في غضون شهر.

والسؤال إذن: أيّ من هذين الإيقاعين المتكررين في المد، يمكنه التأثير في سلوك البشر؟ فإن كان ثمة من تأثير، فهو حتماً من النوع الذي لا يجعلنا نشعر به. فهل بإمكان أحد أن يزعم بأنه يحسّ في نفسه ارتفاع المد أو انحساره؟

بالطبع، قد يكون لإيقاعات المد تأثير علينا، لا نستطيع اكتشافه عادةً. فهي تؤثر على التوازن الهرموني في دمنا، فتجعلنا أكثر ميلاً أو تعرضاً للجثام (أي الكابوس) أو لحالات الغضب اللاعقلانية، أو للانهيارات العصبية العميقة، خلال بعض أطوار القمر.

ولكن كيف يمكن للإيقاع المدّي أن يفعل ذلك؟ قد نميل إلى التحدث عن قوى أو تأثيرات مجهولة ـ إلا أن هذا النحو يكمن في «الممبوجمبو»(*)..

يمكن الإجابة عن هذا بكلمة: «هراء! ـ لقد مر زمان، قبل العام 1801، لم تكن الأشعة فوق البنفسجية معروفة فيه، ومع ذلك كانت تسبب «سفع الشمس» (الحروق الشمسية) وذلك حتى 000 25 سنة ق. م.!».

ولنفترض أن إنساناً «كرو ـ مانيونياً»(**) Cro - Magnon قال، قبل 000 25 سنة ق. م.: «لقد سفعتني الشمس بفعل أحد المكوّنات المجهولة في أشعتها»، فهل يكون هذا «هراء» أو يكون حالة استثنائية من البصيرة؟

وقبل أن نصوّت لصالح البصيرة، فلنتصوّر أن الرجل الكرو ـ مانيوني نفسه، كان يمكنه أن يقول بكل بساطة: «يجب أن أكون زعيم القبيلة، لأن عنصراً مجهولاً من أشعة الشمس يملأني بالبركة والقوة الإلهية، مما لم يتيسّر لأي منكم».

بكلمة أخرى، إذا تعامل أحدنا مع أي قوة مجهولة لا يمكن اكتشافها، فإن

(*) بمعنى الترهات أو الخرافات ـ المترجم.

(**) الإنسان الكرومانيوني: إنسان ما قبل التاريخ، وجدت بقاياه في كهف «كرومانيون» بفرنسا ـ المترجم.

بإمكانه أن ينسب إليها أي شيء على العموم، ولن يكون لدينا مبرر للقول ما إذا كان أي تقرير خاص نضعه عن ذلك، صحيحاً أو خاطئاً. في الواقع، ما دام احتمال وجود الآراء الخاطئة أكثر بكثير من احتمال وجود الآراء الصحيحة (مثلاً: لعملية 2 + 2 جواب صحيح واحد، وعدد غير محدود من الأجوبة المغلوطة، حتى مع التقيّد بالأعداد الكاملة) فإن كل ما نقوله عن أشياء نجهلها، سيكون مغلوطاً بدون شك.

فالاختباء وراء المجهول إذن، لا بد وأن يقودنا عملياً إلى الضلال. وهذا ما لا يجوز، ما دمنا نلعب لعبة العِلم.

وقد يقول الناس: «نحن لا نتحدث عن قوة مجهولة، بل عن التأثيرات المدّية. فالمد ظاهرة ملموسة في المحيطات التي هي محلول شاسع من المياه المالحة. والأنسجة البشرية مكوّنة في معظمها من الماء المالح. وطبيعي أن يؤثر فينا المدّ كما يؤثر في المحيط. وبالتالي فعندما نتحدث عن البدر المكتمل، فإننا نتحدث عن المدّ في الجسم البشري».

ويكون المد عالياً كذلك في طور الهلال (القمر الجديد)، إلا أن ما يتحدث عنه الناس دائماً، هو طور البدر (المكتمل) على نحو ما. مع ذلك، فلننسَ هذا الآن، ولننتقل إلى نقطة أخرى.

إن تأثير المد، يتناول الأرض بكاملها. فثمة تأثير في الجو والطبقة الأرضية الخارجية الصلبة، كما في المحيطات. ولكن الذي يحدث هو أن المدّ في المحيطات يمكن ملاحظته بشكل ظاهر في المشاهدة العَرَضية. وبالتالي لا يمكننا أن نلوم في شيء الطبيعة المائية للأنسجة البشرية.

على هذا يمكن القول: «هذا لا يهم. إذا كان المد يؤثر على كامل الجسم البشري، فما هو إلا زيادة في التأكيد».

فلننتقل إذن إلى نقطة أخرى، أكثر أهمية.

أن التأثير المدّي، ينتج عن التغيرات في قوة الجاذبية بين مكان وآخر. وتتغيّر شدتها مع مربع البُعد عن الجسم ذي الجاذبية. فالجهة من الأرض الأقرب إلى القمر، تخضع لقوة جاذبية أشد مما تخضع له الجهة البعيدة عن القمر. وهذه الأخيرة أبعد عن القمر بمسافة 12 756 كلم من الجهة القريبة. وتتمدد الأرض تحت وطأة الفارق في الجاذبية، وهذا ما يسبب انتفاخها الضئيل في طرفيها، القريب من القمر والبعيد عنه ـ وهو المدّ.

ولـو كنا نتعـامل مـع حجم أصغر من حجم الأرض، فسيكـون الفـارق في المسافة بين الجهة القريبة والبعيدة عن القمر، أصغر من ذلـك، وكذلـك التأثيـر المدّي سوف يكون أضعف، بنسبة مربع مدى الفارق في الحجم.

بالنسبة إلى كـائن بشري يقف تحت القمـر عندمـا يكون في كبـد السماء، فسوف تكون قدماه أبعد عن القمر من رأسه بحوالي 1,8 متر ، أي أن الأرض أكثر كثافة من الإنسان بحوالي 7 ملايين مرة. فإذا ربّعنا هـذا الرقم يتبين أن مـا نقولـه عن تأثير القمر المدّي على الجسم البشر سوف يكون 1/50 000 000 000 000 أي جزء واحد من خمسين تريليون جزء من الأرض.

فهـل يُعقل أن يُحـدث هـذا التـأثير المـدي الأصغر من الصغيـر أي فـارق ملحوظ في سلوك الكائن البشري؟.

وإذا كنا نبحث عن «شيء» فإليكم ما قلته في افتتاحيتي:

. . . مـن المؤكـد أن دورة المـد والجـزر تؤثـر على المخلوقـات التي تقضي معـظم حياتها على الشواطىء أو قريباً منها. فانحسار المـد وارتفاعـه لا بد وأن يـدخل في حيـاتها الحميمة. وهكذا فـإن أوان ارتفاع المـدّ قد يكـون الفرصـة الملائمـة لوضـع البيض مثلاً. وبالتالي فإن سلوك مثل هذه المخلوقات قد يبدو متوقفاً على أطـوار القمر. وهـذا ليس لغزاً إذا مـا اعتبرنـا الصلة بين القمـر والمـد والسلوك. ولكن إذا استبعـدنـا الخـطوة الـوسيـطة، واعتمدنا الصلة بين القمـر والسلوك فقط، نكون قـد حوّلنـا النظرة العقـلانية إلى نـظرة شبه روحية غامضة.

ولكن أي صلة يمكن أن تكـون بين الديـدان والأسمـاك التي تعيش على حـد البحـر وبين الكائنات البشرية؟

هناك بالطبع صلة تطورية. قد نعتبر أنفسنـا «الآن» بعيدين جـداً في صلة القربى عن المخلوقـات المـدّيـة، ولكننـا نتحـدر من متعضيـات كـانت على الأرجـح تعيش قبـل 400 مليون سنة في البيئة المشتركة بحر ـ بر، وتتأثر تأثراً عميقاً بالإيقاعات المدّية.

أجـل. ولكن هذا كـان قبـل 400 مليـون سنة. فهـل يمكننا الـزعم أن حركـات المد والجزر منذ ذلـك الزمـان ما زالت تؤثـر فينا إلى الآن؟ يبـدو هذا مستبعـداً، ولكنه احتمـال يمكن تصوره.

ومـع ذلك. . . فمـا زالت لنا عـدة فقرات عـظمية في الـطرف الأسفـل من عمـودنـا الفقري، تمثل كل ما تبقى من ذيل فقده أجدادنا الأوائـل منذ 20 مليـون سنة على الأقـل. لدينا إذاً قسم من ذيل، هو ما تبقى من عضو لم يستعمل حتى منذ زمن أطول. .

فلماذا لا تكون هنالك أيضاً بقايا من خصائص الأجداد الكيميائية ـ الحيوية والنفسية؟ وبشكل خاص، لماذا لا نكون قد احتفظنا ببعض من مظاهر الإيقاعات المدّية؟. .

بهذه الطريقة، كَوَّنتُ حجة بأن الإيقاعات المدّية قد تؤثر فينا، بوصفها بقايا أثرية من سلوك يعود في التاريخ إلى أجداد كانت بالنسبة إليهم بمثابة الحياة والموت. وهذا يُقدّم على الأقل هيكلاً عقلانياً قد نعلّق عليه قضية «تأثير القمر». وعلينا أن نقوم بمشاهدات سريعة وجادة، مثلاً حول ارتفاع وانخفاض التركيزات الهرمونية مع حركات المد والجزر، وأن نبرهن كيف يمكن لهذا أن يؤثر في السلوك. ما خلا ذلك، فكل ما لدينا لا يعدو كونه أدلة قصصية غير جديرة بأي ثقة.

كنت أعتقد بأني تناولت الموضوع بعناية وتفصيل موضوعي (كما أفعل هنا ـ بل وحتى بمزيد من العناية والموضوعية) ولكني تلقيت في حينه رسائل من نوع لم أكن أتوقعه أبداً، تطرح سؤالاً أوقعني في ذهول المفاجأة.

كانت تلك الرسائل تسأل: لماذا أهملت الإشارة إلى العلاقة الواضحة بين القمر وبين الطمث (الحيض)؟

والأكثر من هذا، أن لهجة تلك الرسائل (وجميعها بالمناسبة صادرة عن سيدات)، كانت مروعة بالنسبة إليّ شخصياً، لقد بدا أنهن يعتقدن بتصميم، بأن لدي دافعاً جنسياً في عدم مناقشة الموضوع، وبأني بكل بساطة، ما دام الطمث ظاهرة أنثوية بالحصر، نبذته كأمر تافه لا يستحق الذكر. واتهمتني أكثر من رسالة، بأني «نسيت» 51٪ من الجنس البشري.

فلماذا إذن، لم أذكر الطمث؟ ببساطة، لأنه لم يخطر لي إطلاقاً أن أي شخص يفكر به، يمكن أن ينسبه إلى القمر.

بالتأكيد، أن الدورة الحيضية عند الإناث البشرية تبدو في طول دورة أطوار القمر. والتطابق ملحوظ بحيث أن كلمة الحيض menstruation مشتقة من اللاتينية «منسيس» mensis التي تعني «الشهر». ـ ولكن ما قيمة هذا؟ نحن نطلق على سكان أميركا الأوائل إسم «الهنود» لان «كولومبوس» Columbus تخيّل انه وصل إلى الهند. ولكن كوننا نطلق عليهم هذه التسمية لا يعني أن الولايات المتحدة جزء من الهند.

في هذا المجال، لا بد من أن نأخذ بالاعتبار أن من بين سائر الحيوانات، وحدها الحيوانات الرئيسة Primates تحيض. وتتفاوت فترة الحيض كثيراً بين مختلف الأجناس الرئيسية، بحيث أن الكائنات البشرية هي واحدة في الأفضل بين أجناس قليلة ذات دورة حيضية قريبة من الشهر. فإذا أردنا اعتبار القمر

مسؤولاً عن هذه الدورة، كان علينا أن نشرح لماذا يكون تأثير القمر محصوراً إلى هذه الدرجة من الدقة، ولماذا يخصّ تأثير القمر الكائنات البشرية، مستبعداً بشكل شبه كلّي، الأجناس الأخرى؟

ثم عندما تتأثر بعض الأجناس بدورة ما، يستجيب سائر أفرادها بالطريقة عينها تقريباً. فعندما تشرع شجرة من جنس معين وفي منطقة معينة بنشر أوراقها، فإن جميع الأشجار الأخرى تفعل ذلك وخلال الفترة ذاتها. وعندما يعود طائر الخُطاف (السنونو) إلى «كاپيسترانو» Capistrano مثلاً، تحذو حذوه الطيور الباقية.

ويمكن التوقع إذن، بأن النساء جميعاً ـ ما دمن تحت تأثير أطوار القمر، سواء عبر الإيقاعات المدّية أو عبر أي وسيلة أخرى ـ لا بد وأن يتزامن حيضهن مع طور معيّن من أطوار القمر. إلا أن الأمر ليس كذلك. فما من يوم في السنة إلا ويبدأ معه الطمث عند أقل بقليل من 4٪ من النساء ـ في السنّ والشروط الملائمة، وذلك أياً كان طور القمر.

وللتأكيد، لقد سمعت بأنه لو وضعت مجموعة من النساء في مكان منعزل مغلق، لكانت دورات حيضهن تميل إلى البدء والتساوي والانتهاء بشكل متزامن. فالمفترض أنهن يتأثرن ببعضهن البعض. قد تكون هنالك رائحة طمثية رقيقة تميل إلى تحفيز بدء الطمث. ولكن حتى ولو حدث هذا، فإني لم أسمع قط أن الحيض المتزامن كان يحدث دوماً في طور معيّن من أطوار القمر، بل انه كما يبدو، قد ينتظم خلال «أي» طور وبلا استثناء.

في هذه الحال، قد يُقال أن تفاصيل الدورة ليست هي المقصودة بالعلاقة مع القمر، بل «طول» الدورة وحده.

الواقع هو أني ذكر وليس لي أي خبرة شخصية في دورة الحيض، ولكني ذو ملاحظة معقولة، وأعرف جيداً أن النساء يستغربن دائماً إذا ما بدأ طمثهن قبل يوم أو اثنين أو ثلاثة من موعده، كما يشعرن بالارتياح (أو بالفزع، حسب الظروف) إذا ما تأخر عن موعده يوماً أو يومين أو ثلاثة.

وباختصار، أعتقد أن طول دورة الحيض غير منتظم إطلاقاً، في كون تنتظم فيه أطوار القمر غاية الانتظام.

ولكن، قد نسمع من يقول: «أن الشذوذية (عدم الانتظام) ليست مهمة، فمتوسط طول دورة الحيض هو 28 يوماً، وهذا هو طول دورة أطوار القمر،

وبالتالي طول الإيقاعات المدّية».

آسف. ولكن هذا ليس طول دورة أطوار القمر. وسأشرح لماذا:

يدور القمر حول الأرض (بالنسبة إلى النجوم) في 3216614 .27 يوماً، أو 27 يوماً و7 ساعات و43 دقيقة و5 .11 ثانية. ويمكن أن نقول: سبعة وعشرين يوماً وثلث اليوم (1/3 27) دون أن نبتعد كثيراً عن الرقم الصحيح. وهذا ما يسمى «الشهر الفلكي» (أو النجومي) من الكلمة اللاتينية بمعنى «برج» أو «كوكبة» أو «نجم».

إلا أن الشهر الفلكي لا يعني سوى علماء الفلك، إذ لا علاقة له بأطوار القمر، علماً بأن الشعوب القديمة كانت تحدد الشهر عن طريق دورة الأطوار.

وتتوقف الأطوار على أوضاع القمر والشمس. فهي الفترة بين هلال وهلال حيث يكون القمر والشمس متقاربين إلى الحد الأقصى في السماء، فيجتاز كل منهما خط الطول عند الظهر، أو هي بين بدر وبدر حيث يكون القمر والشمس في وضعين متقابلين مباشرة في السماء، فتجتاز الشمس خط الطول ظهراً، ويجتازه القمر في منتصف الليل.

ولكي نجد هذه الفترة، علينا أن نتصوّر أن القمر ينطلق مع الشمس، ويدور في السماء إلى أن يعود إليها ثانية (أي من هلال إلى هلال). ولكن بما أن القمر يدور حول الأرض في 1/3 27 يوماً، أفلا يكون قد عاد إلى الشمس من جديد بعد 1/3 27 يوماً؟ كلا. لأن الشمس ليست ثابتة في مكانها.

تدور الأرض حول الشمس خلال 2422 .365 يوماً. وهذا ما يجعل الشمس تبدو وكأنها تتحرك من الغرب إلى الشرق عبر السماء (بالنسبة إلى النجوم). فلو انطلق القمر مع الشمس واتجه من الغرب إلى الشرق ليعود إلى نقطة انطلاقه (بالنسبة إلى النجوم) بعد 1/3 27 يوماً، تكون الشمس قد تحركت إلى الشرق خلال هذه الفترة، ويتوجب على القمر استغراق وقت إضافي للحاق بالشمس بحيث يكون في طور الهلال من جديد. ويتبين أن هذا الوقت الإضافي هو يومان ونصف اليوم (1/2 2)، وبذلك يكون متوسط الفترة بين هلال وآخر 5305882 .29 يوماً، أو 29 يوماً و12 ساعة و44 دقيقة و8 .2 ثانية. ويمكن اعتبار هذا تسعة وعشرين يوماً ونصف اليوم (1/2 29) دون أن نبتعد كثيراً عن الرقم الصحيح.

وتسمى هــذه الفتـرة (29 1/2 يـومـاً) «الشهـر السنـودسي»، من الكلمـة اليـونانيـة التي تعني تجمعاً دينيـاً، ذلك لأن تحـديد وقت الهـلال كـان متـروكـاً للكهنة، كي يبدأ الشهر في الوقت المناسب وحسب الطقوس الملائمة.

ولكن طول دورة الطمث هـو 28 يومـاً، في حين أن دورة أطوار القمـر هي 29 1/2 يوماً. أفلا يكفي هذا التقارب؟ إنهما شبه متساويين.

كلا. إن هذا التقارب غير كافٍ. فلو كان لأطـوار القمر وفتـرات المدبعض العـلاقة مـع دورة لطمث، لكـان من الضروري أن تتـزامن الفترتـان. ولكنهما لا تتزامنان.

ولنفرض أن إحدى السيـدات، ذات دورة حيضية غـاية في الانتـظام، يبدأ طمثها يوم يكون القمر بدراً كاملاً. فلو كان لخرافة عـلاقة القمـر بدورة الـطمث أي معنى، لوجب أن يبدأ الطمث التالي يـوم اكتمال البـدر من جديـد، وكذلـك الطمث الذي يليه في يوم اكتمال بدر آخر، وهكذا إلى ما لا نهاية.

إلا أن هـذا لا يحصل. فـالسيدة ذات الـطمث المنتظم جـداً في دورتـه، سوف يبدأ طمثها التالي قبل يوم ونصف اليوم من اكتمال البدر، كما يبدأ الطمث الذي يليه قبل ثلاثة أيام، والطمث الثالث قبل أربعة أيام ونصف اليوم من اكتمال البدر.

وبالتدريج، سوف يبدأ طمث السيدة في أطوار قمريـة مفتاوتـة قليلاً، حتى ما يقرب من عشرين دورة حيضية. ومع ذلك، فالطمث العشـرون نفسه لن يبـدأ بالضبط يوم اكتمال البدر.

إن 59 دورة حيضية منتظمة، تستغرق 652 1 يوماً (أكثر بقليل من 4 سنوات ونصف السنة). ويستغرق 56 شهـراً سنودسيـاً 652 1 يومـاً كذلـك. وهما أصغـر عـددين من الدورتين، يتـزامن فيهما الـطمث مع اكتمـال البدر. وهـذا يعني أنه ابتداءً من الطمث الذي ينطلق يوم اكتمال البـدر، لن يحدث أي تـزامن بين بدء الطمث واكتمال البدر، قبل انقضاء أربع سنوات ونصف السنة.

فبالإجمال إذن، وبصرف النظر عن أي تقسيم نعتمـد، لا نجد أي عـلاقة بين القمر وبين الطمث بأي حال.

ولكن كيف أشرح والحالة هذه، كون دورة الطمث قريبة إلى هذا الحد من طول الشهر السنودسي، إذا لم يكن للقمر علاقة في ذلك؟.

حسنٌ. «هنـالك» شـرح، ولكنه غيـر مثيـر على الإطـلاق، وقـد لا يـوافق

العديد من الناس على تقبله.

إنه يدعى: «المصادفة».

وأتساءل الآن، ما إذا كانت هذه النظرة سوف تسيء إلى بعض النساء ممن يقرأن هذا المقال. فهل هنالك من سبب يجعلهن «يرغبن» في أن تكون هناك علاقة بين الحالات الجسدية وبين القمر؟

قد يكون. وقد يمنحهن ذلك شعوراً بالأهمية، في تصوّر علاقة مع القمر ليست للرجال..

بيد أنها علاقة غير موجودة. وفي رأيي الشخصي أن النساء رائعات بما فيه الكفاية، مما يغنيهن عن الاستعانة بوهم خرافي.

8

كوكب نأنف من ذكره

عـوداً إلى الخمسينـات، حيث قمت بكتـابـة سلسلة من ستـة كتب في المغامرات لصغار القراء، تُصوِّر فتى إسمه «لاكي ستار» Lucky Starr. كان كل كتاب يتناول كـوكباً من النـظام الشمسي، بالتـرتيب: المرّيـخ، الكويكبـات(*)، الزُّهرة، عُـطارد، المشتري وزُحَـل. أما الكتـاب السابـع (الذي لم يُكتب أبـداً) فكـان مُعدّا للكـوكب «پلوتو» Pluto. ولا أخـالني فكرت يـومـاً بتنـاول الكـوكب «يورانوس» Uranus.

ويبدو أن يورانوس هو آخر ما يثير الاهتمام من بين سائر الكـواكب، إذ أن لكل منها ميـزة لافتة، تجعـل منه مـوضوعـاً منطقيـاً لأقاصيص الخيـال العلمي. فعُـطارد، هـو أقـرب الكـواكب إلى الشمس؛ والـزُّهـرة، أقـربهـا إلى الأرض؛ والمريخ، أكثرها تداولاً بين الناس؛ والمشتري، أكبرهـا إطلاقـاً؛ وزُحل هـو ذو الحلقات؛ ونبتون، أبعد الكواكب العملاقة؛ أمـا پلوتو فهـو أبعد جسم سيـار من أي حجم، يمكن رصده في مداره.

ويورانوس؟ ماذا عن يورانوس؟

(*) مفردها «كويكب» (تصغير كوكب) asteroid.

هـل أُغفِل لكـونه خلواً من أي ميـزة لافتة؟ بـالـطبـع لا. وأظن أن السبب يعود، جزئياً، إلى عائق ناتج عن إسمه المنكود، وهو إسم - في الإنكليزيـة على الأقل - لا يُباح ذِكرُه.

لقد تعلمت هذا بطريقة جارحة.. ففي أيـام طفولتي الـطائشة، عـرفت أن يـورانوس Uranus (وعلى الأصـح Ouranos) كان إلـه السماء الإغـريقي، كمـا عرفت، بالتالي، إن إلهة علم الفلك كانت «يورانيا» Urania «يو - راي - نيه - يو» Yoo - RAY - nee - uh. وعرفت، إلى ذلك، أن أحد العناصر الطبيعيـة سُمّي لدى اكتشافـه «يورانيـوم» Uranium بسبب الكوكب المكتشف حـديثاً يـومذاك، يورانوس، وانه كان يُلفظ «يو - راي - ني - يوم» Yoo - RAY - nee - um.

بـدا لـي واضحـاً إذن، أن اسـم الكـوكـب يُلفَظ «يـو - راي - نـوس» Yoo - RAY - nus فـأخذت ألفـظه على هذا الشكـل. كنت متـأكـداً من ذلـك بحيث لم أكلف نفسي بمراجعة المعجم، ولم تسعفني الحكمة ولو لمرة واحدة، فـألحظ أن اسم الكوكب الـذي كنت ألفظه على هـذا النحو، كـان جنـاسـاً (أي بنفس اللفظ) للجملة «يور - أنوس» Your anus ومعناها «شرجك» أو «أستك»..

وجاء وقت لفظ فيه أحدهم الاسم، مشدداً على المقـطع الأول. فسارعت إلى «تصحيحه» على طريقتي المتعالية التي لا تُحتَمـل.. وقام جـدال، احتكمنا فيه إلى المعجم. وللأسف الشـديد، خسـرت! وكأني بـالمنتصر لم يكتفِ بهـذا الحـد من الانتصـار، حتى سحقني إذ نبّهني إلى طبيعـة لفـظي المنـافيـة للذوق والحشمة..

بيـد أن واقـع الحـال، إن كلمـة يـورانـوس التي تُلفظ «يـو - ري - نـوس» Yoo - rih - nus ليس أفضل بكثير، إذ تكون عندهـا جناسـاً لكلمة «يـورينوس» (أي بَولي) التي تعني «كل ما هو في مظهر وخصائص ورائحة البول!»

النتيجة أن أياً من اللفظين البديلين لاسم الكوكب، كريه المذاق في اللغة الإنكليزية، وبالتالي فإن الناس يتجنبون ذكره. وأنا، بالطبع، أعرف الحل. فـإما أن نتبنّى الصيغـة اليـونـانيـة لإسم يـورانـوس - والتي تُلفَظ «أو - ري - نـوس» OO - rih - nus، وإما أن تلفظ الكلمة مـع «ا» غير ممـدودة، «يو - ران - يـوس» YOO - RAN - US. وبمـا ان هـذين الاقتـراحين «معقـولان»، فلن يحـظيـا بالتبني..

ولكن في أوائل العام 1986، كان الكوكب يورانوس يحتل الصحف، وكان

على الناس أن يلفظوا اسمه. لذلك سأتعامل الآن مع كوكبنا وأنا متنبّه للأمر. لقد سبق لي أن تناولته في مقالات سابقة من هذه السلسلة، ولكن كل ما كان قبل كانون الثاني/يناير 1986، هو من التاريخ القديم بالنسبة إلى يورانوس.

سنة 1977، أطلق مسباران(*) فضائيان probe، «ڤوياجر ـ 1» (Voyager) و«ڤوياجر ـ 2» في اتجاه المشتري وزحل، لدراسة هذين الكوكبين العملاقين، فتجاوزا المشتري سنة 1979 وزحل سنة 1980، وكانا يعملان بانتظام. بعد ذلك، خرج «ڤوياجر ـ 1» عن مستوى المدار الكوكبي وانطلق على غير هدى، بعيداً في غور الفضاء إلى ما لا نهاية.

أما «ڤوياجر ـ 2»، فقد أعيد توجيهه في سيره، بحيث يمر قريباً من كوكبين بعيدين، يورانوس ونبتون. والأكثر من ذلك انه تم ضبط الأجهزة التي يحملها عبر سلسلة من الخطوات البارعة، بحيث يكون ـ عند بلوغه الكوكب يورانوس آخر الأمر ـ أفضل تجهيزاً لدراسة الكوكب مما كان عليه لدى إطلاقه، سنة 1977.

إن يورانوس أصغر حجماً بشكل بيّن، من المشتري ومن زحل. فقطره البالغ 000 51 كلم (000 32 ميلاً)، لا يزيد عن حوالي ثلاثة أسباع (3/7) قطر زحل، وعن ثلث (1/3) قطر المشتري. ومع ذلك فهو أكبر من قطر الأرض بستة أضعاف ونصف الضعف (6.5)، وبالتالي فهو يعتبر «عملاقاً غازياً» أيضاً. وإذا نظرنا إليه بطريقة أخرى، نرى أن كتلة يورانوس تعادل 2/13 من كتلة زحل، و 1/22 من كتلة المشتري، إلا أنها أكبر من كتلة الأرض بأربعة عشر ضعفاً ونصف الضعف (14.5).

إنّ محاور دوران(**) معظم الكواكب هي على زاوية قائمة تقريباً مع مستوياتها المدارية حول الشمس. بكلمة أخرى، إذا نظرنا إلى الكوكب في السماء، نرى أن محور دورانه قريب عادةً من الخط العمودي، مع مَيل طفيف. فمحور كل من الزهرة والمشتري يميل بزاوية 3 درجات عن الخط العمودي؛ ويميل محور الأرض بزاوية 23.5 درجة؛ ومحور المريخ 24 درجة؛ ومحور زحل

(*) أداة للسبر ـ والمقصود هنا مركبة فضائية علمية.

(**) المقصود هنا دورانها حول ذاتها، أو التدويم ـ المترجم.

27 درجة تقريباً؛ ومحور نبتون حوالي 29 درجة؛ أما مَيل محور عطارد فغير أكيد، إلا أنه دون 28 درجة.

إذا كان النظام الكوكبي قد تشكل من سحابة غبار وغاز ضخمة، تُدوِّم حائمة في دوارات ودوارات فرعية، فالمفترض أن تكون محاور الكواكب جميعاً، عمودية على مستوى المدار حول الشمس بكل دقة.

إلا أن الكواكب تكوّنت من تجمع أجسام دونها. ولو جاءت هذه الأجسام بالتساوي من مختلف الاتجاهات، لبقيت المحاور عمودية. ولكن المرجح أن الاتجاهات التي جاءت منها صدمات الأجزاء الكبيرة المكوِّنة أخيراً، لم تكن متوازنة ومتعادلة، فانحرفت المحاور قليلاً عن وضعها الصحيح، وبمقدار عشوائي.

وهكذا، فلا بد أن يكون الكوكب يورانوس قد تلقى، أثناء تكوّنه، صدمة أو صدمات عنيفة بقدر ما يشاء له طالعه، من نفس الاتجاه تقريباً، سبب ذلك الميل الكبير في محوره، 98 درجة ـ أي أكثر قليلاً من الزاوية القائمة.

وهذا يعني أن يورانوس يدور حول محوره على جانبه. وبمشاهدة هذا الكوكب في السماء، نرى محوره يمتد من اليسار إلى اليمين، بدلاً من أعلى إلى أسفل.

يدور يورانوس حول الشمس في 84 سنة. ولسبب مَيل محوره، فإن نصفه الشمالي يرى الشمس تتلولب صعوداً نحو سمت الرأس Zenith(*)، ثم نزولاً إلى الأفق، خلال نصف دورته؛ في حين يشهد نصفه الجنوبي حصول هذا، خلال النصف الآخر من دورته. فلو كان أحد في قطب يورانوس الشمالي (أو الجنوبي)، لكان يرى الشمس تشرق في نقطة ما من الأفق، وتصعد ببطء نحو السّمت إلى أن تصبح عمودية تقريباً، بعد حوالي 21 عاماً (!) ثم تعود إلى الانحدار، خلال 21 عاماً أخرى، لتصل أخيراً إلى النقطة المقابلة من الأفق، بعد مكوث في السماء طوال 42 عاماً. وتنقضي بعد ذلك فترة 42 عاماً أخرى، قبل أن تشرق من جديد.

والكائن البشري الذي يولد في أحد قطبَي يورانوس، سوف يبلغ منتصف عمره عند شروق الشمس، ويكون هرماً طاعناً في السن قبل موعد شروق

(*) أي أوج السماء ـ المترجم.

الشمس التالي.

والشمس، في الوقت الحالي، هي في السمت من سماء يورانوس تقريباً، فوق قطبه الجنوبي. وبكلمة أخرى، فإن القطب الجنوبي هو تقريباً في اتجاه الأرض والشمس (لا بد وأن يكون في اتجاه الإثنين معاً، لأن الأرض لا ترى من يورانوس أبعد من 3 درجات عن الشمس إطلاقاً).

مع نهاية العام 1985، كان «ڤوياجر ـ 2» يدنو من يورانوس، ويستعد لالتقاط صوره وإجراء قياساته، فقد قطع مسافة تقرب من 1/2 10 مليار كلم (أي 1/2 6 مليار ميل) من أجل هذا. (لا يبعد عنا يورانوس سوى 3/4 2 مليار كلم (2/3 1 مليار ميل) بخط مستقيم ـ إلا أن «ڤوياجر ـ 2» لم يتبع في سيره خطاً مستقيماً، بل أقواساً واسعة، تجاوباً مع جاذبية الشمس والمشتري وزحل، وكذلك مع حركة الأرض الأولية عند انطلاقه).

بعد أن قطع «ڤوياجر ـ 2» هذه المسافة، أصبح في محيط معتم. فقوة نور شمس يورانوس النائية، لا تعادل ربع 1/4 قوتها عند زحل، أو 1/13 من قوتها عند المشتري، و 1/368 من قوتها عند الأرض. وهذا يعني إن أخذ الصور الفوتوغرافية لكوكب يورانوس، يستوجب فترة تعريض أطول مما يتطلبه أخذ صور المشتري وزحل. فبالنسبة إلى هذا الأخير يكفي تعريض الصورة لفترة 15 ثانية، أما يورانوس، فيتطلب حوالي 100 ثانية. وهذا يعني أن الوقت لا يتسع إلا لعدد قليل من الصور، وان احتمالات التشوش والزيغان أكبر.

بدا يورانوس بلون زرقاوي، ومن دون «قَسَمات» تقريباً. ولم يكن هذا بعيد التوقع. فكلما ابتعد الكوكب عن الشمس، تضاءلت حرارتها عنده، وتضاءل فارق الحرارة بين مختلف أجزاء الكوكب. فالفارق في الحرارة هو الذي يحرك دورة الطبقة الجوية ويولّد الغيوم والعواصف التي نشاهدها.

من هنا، يبدو جو المشتري مشوهاً وذا خطوط كالأحزمة، وجو زحل أقل منه نوعاً، أما يورانوس، فجوّه يعتبر هادئاً.

بالإضافة، يتجمّد مختلف الغازات في طبقة الجو الخارجية، كلما ابتعدنا عن الشمس. وجو المشتري غني نسبياً بالنشادر ammonia إضافة إلى غازات أخرى ذات درجة غليان عالية بالمقارنة، وهي ما يساعد على تكوين الغيوم والأشكال الملونة. أما في زحل فالنشادر أقل تواجداً في الجو (حيث درجة

الحرارة تكفي للإبقاء عليه غازياً)، كما أنه أقل بكثير في يورانوس.

وهـذا يعني أن الميثان ـ وهـو ذو درجة غليـان بالغـة الانخفـاض، يشكـل التلوث السائد في أعالي جو يورانوس. والميثـان يمتص الضوء الأحمـر، فيعطي الجو ذلك اللون الأزرق. وبالإضافة، فهو يميل إلى التفاعـل كيميائيـاً، حتى في نور الشمس الضئيل الذي يستحم فيه هذا الكوكب النائي. وهذا يُولِّد ضبـاباً من الهيـدروكربـون يحول دون نفـاذ المشاهـدة إلى داخل جـو الكوكب (نجـد هـذا الضباب بالذات في جو قمر زحل، «تيتان» الغني بالميثان).

وتؤكد تفاعلات الميثان الكيميائية وجود هذا الغـاز، عبر تغيّـر لون الـطبقة الجوية. وإذا كان الأمر كذلك، فلا بد من أن يكون التغيّر ملحـوظاً عنـد القطب الجنـوبي حاليـاً، حيث الشمس الضعيفة في سمت السمـاء، تعطي حـرارة أكثر بقليل مما تعطيـه للمنـاطق الأخـرى. وفي الـواقـع، أفيـد عن زيـادة طفيفـة في الاحمرار عند القطب الجنوبي.

إن الميثـان موجـود بالـطبع في جـو يورانـوس، ولكن كـأحـد المكـوّنـات الضئيلة. فـالمكونـات الرئيسيـة (كما في حـال المشتري وزحـل ـ وبالمنـاسبـة، الشمس) هي الهيدروجين والهليوم مع رجحان الهيدروجين.

يبدو أن دراسات حديثة أجريت من سطح الأرض بالأشعة تحت الحمراء، أشارت إلى أن جو يورانوس يحتوي على نسبة 40% من الهليـوم. وهذا مـا سبب موجة من القلق بين جماعة الفلكيين، ذلك أن الرقم كان عالياً جداً. فمحتوى الكون من الهليوم لا يزيد عموماً عن 25٪ من الكتلة، مع حوالي 75% هيدروجين (وكل ما تبقى هو دون 1%).

ويحتـوي كل من الشمس والمشتـري وزحل على 25% من الهليـوم أو أقل من ذلـك، وسيكون من الشـذوذ غير المستحب فعـلاً، أن يتـراكم الهليـوم على يورانوس.

قـد يقال إن يـورانوس، بسبب بعـده عن الشمس، سيكون فقيـراً بـالمـواد المكوِّنة، وبالتالي فهو يتطوّر ببطء ويكون أصغر من زحل (الذي هو بدوره أصغر من المشتـري). وبما أن يـورانوس سـوف يبقى أصغـر من العمـلاقين الغـازيين الداخليين (أي الأقرب إلى الشمس) في جميع مراحـل تكوينـه، فسيكون حقـل جاذبيته أضعف من حقليهما، فيجذب كمية من الهيدروجين أقل مما يجـذبه كـل من المشتـري وزحل. وقـد يحـاول اجتـذاب ذرات الهليـوم الأكبـر كتلة، ولكن

بفعالية. وبهذه الطريقة فقد لا يجمع الكثير من الهليوم، ولكن على الأقل نسبة أكبر منه.

والإشكال في هذا المفهوم، هو أن يورانوس أشد برودة من المشتري أو من زحل، وبسبب انخفاض درجة حرارته، يسهل عليه الإمساك بالهيدروجين، رغم حجمه الصغير.

وجاء منتهى الانفراج لدى علماء الفلك، عندما أزال «فواياجر - 2» هذا الإشكال. فقد أثبتت مشاهداته إن نسبة الهليوم في جو يورانوس هي بين 12 و 15%ـ أي بالضبط مثلما يُفترض أن تكون.

لقد اكتُشِف ما مجموعه أربع غيوم في عمق جو الكوكب، فدُرِسَت بعناية لتحديد مدة دورانه حول نفسه.

كان هنالك شعور عام بين علماء الفلك، انه كلما صغر حجم الكوكب، طالت مدة دورانه حول نفسه. فالمشتري، وهو أكبر الكواكب، يدور حول نفسه في 9.84 ساعات؛ وزحل، الثاني في الكبر، خلال 10.23 ساعات؛ والأرض خلال 24 ساعة. أما يورانوس، االذي يقع حجمه بين حجمي زحل والأرض، فيجب أن تكون له مدة دوران وسطية كذلك.

حتى فترة قريبة، كانت المدة المقبولة عادة لدوران يورانوس، 10.8 ساعات. ولكن في العام 1977، أشار قياس جديد إلى مدة دوران قد تبلغ 25 ساعة.

كانت المشكلة بالطبع، عدم وجود أي علامة فارقة على يورانوس، يمكن مشاهدتها من الأرض، وتتبعها في حركتها. إلا أن «فواياجر - 2» قدّم نتائج دلَّت على أن يورانوس يدور على محوره خلال 17.24 ساعة، وهو بلا شك، رقم مقبول.

هنالك بعض الإرباكات في موضوع الجو. فالحرارة على السطح المرئي لجو يورانوس هي تقريباً واحدة في كل مكان. فأشعة الشمس الضعيفة، لا يبدو إنها تسبب أي فارق. ولكن هنالك منطقة ما، بين خط العرض الشمالي 30 وخط العرض الجنوبي 30، يبدو أن الحرارة تنخفض فيها قليلاً، ولا نجد حتى الآن سبباً معقولاً لهذا.

ثم انه اكتشفت رياح في الجو، تسير مع اتجاه دوران الكوكب، وبسرعة 100 ميل (160 كلم). وهذا أمر محيّر، لأن ما نعرفه عن الحركات الجوية يقودنا

إلى الافتراض أن الرياح يجب أن تسير في الاتجاه المعاكس لدوران الكوكب. ولكن يبدو أن يورانوس (على غرار المشتري وزحل) يشع من الطاقة أكثر مما يتلقاه من الشمس. ولذلك لا بد من وجود مصدر داخلي للحرارة، كأي تحوّل فيزيائي أو كيميائي، يُحتمل أن يبرّر حركة الرياح الشاذة.

مع اقتراب «فوياجر - 2» من يورانوس، بدا أول الأمر أن ليس لهذا الكوكب أي حقل مقتايلين. فكانت تلك صدمة كبيرة، لأن المفروض وجود الحقل، إذا كان للكوكب دوران سريع وجوف موصل للكهرباء. وما دام لكل من المشتري وزحل حقل مغناطيسي، فلا بد أن يكون ليورانوس مثل هذا الحقل. وإلا، كان الأمر يتطلب شرحاً شاقاً.

ولحسن الحظ، أُنقِذ علماء الفلك. كان «فوياجر - 2» يقترب من جهة الشمس، وتبيّن أن رصد الحقل المغنطيسي محجوب بالالكترونات في الطبقة الأيونية العليا من جو يورانوس. وعندما وصل «فوياجر - 2» إلى مسافة 470000 كلم (290000 ميل) من مركز يورانوس، دخل في الجو المغنطيسي للكوكب فالحقل المغنطيسي كان إذن موجوداً؛ وهو أقوى من حقل الأرض بـ 50 مرة، ويمتد بعيداً في الجهة المظلمة. كان كل شيء كما ينبغي أن يكون.

ولكن، ليس كل شيء.. فالمحور المغنطيسي عادة ما يكون منحرفاً بالنسبة إلى محور الدوران، وهو لا يمر بالضرورة، في مركز جاذبية الكوكب (ليس لدينا حتى الآن أي تفسير مقبول لهذا).

غير ان الوضع في حال يورانوس، هو وضع أقصى، إذ لا يقل انحراف المحور المغنطيسي عن 60 درجة بالنسبة إلى محور الدوران، كما ان مركز المحور المغنطيسي يبعد مسافة 8000 كلم (5000 ميل) عن مركز الكوكب. ولسنا نعرف لهذا الانحراف سبباً، ولعله على علاقة بانحراف محور الدوران الذي هو، بدوره، غير اعتيادي.

مرّ «فوياجر - 2» بين حلقات الكوكب وبين قمره الأقرب (كما يُشاهَد من الأرض) «ميرندا» Miranda. وفي الساعة الخامسة من بعد ظهر الرابع والعشرين من كانون الثاني 1986، بلغ أقرب نقطة من ميرندا، تبعد 28000 كلم (17400 ميل) عن سطحه. وبعد أقل من ساعة، بلغ أقرب نقطة من يورانوس وهي 81500 كلم (51000 ميلاً) عن طبقة غيوم يورانوس. لقد أنجز هاتين الخطوتين

في الاقتراب، بفارق لا يتعدى ثواني معدودات عن التوقيت المقرر، وبانحراف 16 كلم (10 أميال) فقط عن مساره المحدد. كان ذلك تسديداً بمنتهى الدقة.

لقد رُصِدت تسع حلقات دقيقة حول يورانوس، سنة 1977 عن طريق دراسات من سطح الأرض. تم ذلك أثناء دراسة يورانوس لدى مروره قريباً جداً أمام أحد النجوم، ومراقبة الكيفية التي بها يومض النجم ويخبو مع مرور الحلقات أمامه.

أثبت «فواياجر -2» ان الحلقات التسع كانت موجودة بالفعل، واكتشف حلقة عاشرة، بين الثامنة والتاسعة انطلاقاً من الكوكب. والحلقة الجديدة دقيقة جداً وباهتة بحيث يتعذر رؤيتها من الأرض.

وبحسب المشاهدات من الأرض، كانت حلقات يورانوس مؤلفة من جسيمات معتمة ولعل هذا ليس بالسر الغامض. فالأجسام الصغرى في النظام الشمسي الخارجي، تميل إلى كونها جليدية (عادة جليد الماء، ولكن ربما مع بعض النشادر والميثان كمكّونات ضئيلة) مختلطة مع مواد حجرية من مختلف الأحجام.

ثمة أمران يمكن أن يحدثا لمثل هذه الأجسام الجليدية، ويؤديا إلى جعلها داكنة قاتمة. فقد تفقد الجليد ببطء عبر التبخر من دون أن تفقد المواد الحجرية. ومع الزمن، عبر مليارات السنين، تصبح الأجسام الصغيرة أقل «جليدية» وتميل إلى الاكتساء بقشرة من مادة حجرية ذات لون قاتم أكثر من الجليد، تحول دون تبخّر المزيد من الجليد. أما الأمر الثاني، فهو ان الميثان داخل الجليد قد يتبلمر(*) إلى مواد قارية سوداء، تزيد من تعتيم السطح.

إن احتمال تكوّن مثل هذه القشرة على المذنّبات، سوف نعرض له في الفصل العاشر ـ الذي كتب قبل مدة طويلة من مرور المسبار الفضائي «جيوتو» Giotto بمحاذاة المذنّب «هالي» Halley. لقد بيّن «جيوتو» اثناء مروره ان المذنّب «هالي» حالك السواد في لونه (كان مع ذلك يطلق رذاذاً من الجليد المتبخر، لانه هنا في النظام الشمسي الداخلي، يتعرّض لحرارة أعلى بكثير مما قد تتعرض له الأجسام في جوار يورانوس).

ولا يكمن الإشكال، إذن، في كون حلقات يورانوس قاتمة اللون، بقدر ما

(*) التبلمر polymerization اتحاد جزيئين، لتكوين جزيء ذي وزن جزيئي أكبر ـ المترجم.

هـو في كون حلقـات زحـل بيضـاء إلى هـذا الحـد. ففي الـظاهـر ان الأجسـام الصغيرة بجوار زحل (باستثناء قمره «أياپيتوس» Iapetus الذي يبدو قاتماً في أحد نصفيه) تحوي من الجليد أكثر مما تحويـه تلك التي في جوار كـل من المشتري أو يورانوس. وهذا ما لا بد من إيجاد تفسير له يوماً ما.

يتبيّن من جديد انـه، في حين تتألف حلقـات زحل من جسيمـات تتفاوت أحجامها، من الغبار الناعم إلى ما هو بحجم الجبال، تتألف حلقات يورانـوس من أجسام ذات حجمٍ منتظم بالمقارنة، يقارب حجم الجلمـود(*). كما ان حلقـات يورانوس خالية عملياً من الغبار. هذا الفارق بين زحل ويورانوس، لا تفسير لـه. وفي تقديري ان زحل هو الذي سوف يكون الشاذ.

إن يـورانوس ذو نـظام أقمار مميّـز من عدة نـواحي. لقد اكتُشِفت خمسـة أقمـار من الأرض، ليس بينها أي قمـر عمـلاق بقـطر 3000 كلم (1850 ميـلاً) أو أكثر. فيورانوس هو العملاق الغازي الوحيد الذي لا قمر عملاقاً له، في حين إن لنبتون قمره «تـريتون» Triton، ولـزحل قمـره «تيتان» Titan، وللمشتـري أقماره «إيو» Io، و«يوروبا» Europa، و«غانيميـد» Ganymede و«كاالليستـو» Callisto. وحتى الأرض، لديها القمـر. ولا نعرف لمـاذا لا يكون ليـورانوس قمـر عملاق. هل لذلك علاقة ما مع مَيل محور دوران يورانوس الغريب؟.

وبالمناسبة، فإن الأقمـار الخمسة هي ذات محـور مائـل، مثل يـورانوس، وهي تدور في مستوى خط الاستواء للكوكب. وهـذا يعني انه بينمـا تنتقل أقمـار الكـواكب الأخرى من اليسـار إلى اليمين ومن اليمين إلى اليسار كمـا نـراهـا من الأرض، نرى أقمار يورانوس تنتقل من أسفل إلى أعلى، ومن أعلى إلى أسفل.

قد يدل هذا على ان الأقمار تكوّنت بعد انحراف محور يورانوس. فلو كان له محور غير مائل نسبياً، مع وجود أقمـاره في مستوى خط استـوائه، لكـان ميل محور يورانوس يؤدي بالأقمار إلى الدوران في مدارات بالغة الانحراف. لـذلك، لا بد من كون المَيل في محور الكوكب قد حدث في وقت مبكر جداً من تاريـخ النظام الشمسي، ثم تكوّنت الأقمار من بعد ذلك.

الأقمار هذه، قاتمة اللون أكثر من المتوقَّع. وهي لا تبدو من الأرض سوى

(*) صخرة أو حجر كبير، يتخذ بفعل الأحوال الجوية شكلاً شبه كروي ـ المترجم.

نقط مضيئة. وبالتالي فقد أخذ علماء الفلك يُقدّرون أحجامها انطلاقاً من درجة تألقها، مع افتراض قابلية معتدلة في عكس الضوء، باعتبار كونها جليدية. ولكن بما أنها، كما تبيّن، ذات لون قاتم أكثر مما كان يُعتَقَد، فلا بد أنها تعكس الضوء بنسبة متدنية، وانها أكبر حجماً كي تبدو في التألق الذي هي عليه. وفي ما يلي، قائمة تُحدّدأقطار الأقمار، كما كانت مفترضة قبل «فوياجر - 2» وكما هي معروفة الآن:

القمر	القطر كلم (ميل) قبل «ڤوياجر - 2»	بعد «ڤوياجر - 2»
ميرندا Miranda	240 (150)	480 (300)
أرييل Ariel	700 (435)	1,170 (725)
أمبرييل Umbriel	500 (310)	1,190 (740)
تيتانيا Titania	1,000 (620)	1,590 (990)
أوبرون Oberon	900 (560)	1,550 (965)

يُلاحظ أن «ميرندا» أزداد مرتين، و«أرييل» 1.7 مرة، و «أمبرييل» 2.4 مرة، و«تيتانيا» 1.6 مرة، و«أوبرون» 1.7 مرة. وبالطبع كان اكتشاف الأقمار بالترتيب التراجعي لأحجامها. ولم يُكتشَف أصغر الأقمار الخمسة، «ميرندا» (وهو أقربها إلى الكوكب) إلا في العام 1984.

ولكن في كانون الأول 1985، اكتشف «ڤوياجر - 2» أثناء اقترابه، قمراً سادساً، أقرب إلى يورانوس من «ميرندا». ويبعد «ميرندا» مسافة 130000 كلم (80400 ميل) عن مركز يورانوس، في حين لا يبعد القمر الجديد سوى 85000 كلم (53400 ميل)، كما أن قطر القمر الجديد هو 160 كلم (100 ميل) فقط، واسمه المؤقت هو (1985 U_1).

وخلال شهر كانون الثاني، اكتشف ما لا يقل عن تسعة أقمار أخرى، جميعها أقرب إلى يورانوس من 1985 U_1. كان قطر الثلاثة الأولى المكتشفة: 1986 U_1, 1986 U_2, 1986 U_3 حوالي 80 كلم (50 ميلاً) والأقمار الباقية ما بين

20 و 50 كلم (12 و 30 ميلًا). أقرب هذه الأقمار المعروفة حالياً من يورانوس، هو U_7 1986، ولا يبعد عن الكوكب سوى 50000 كلم (30500 ميل)، ويدور داخل نظام الحلقات.

جاءت هذه الأقمار الصغيرة بمشكلتين معها. فقد أدخلت دراسة المشتري وزحل بواسطة المسبار [الفضائي] مفهوم «الأقمار الراعية»، وهي أقمار صغيرة تدور خارج وداخل حلقة معينة، فتحفظ تلك الحلقة من الانتشار والتلاشي بفعل الجاذبية. ولكن يبدو أن معظم حلقات يورانوس، لا أثر فيها لمثل هذه الأقمار. فكيف تحافظ إذن على بقائها؟.

ثم إننا نجد ـ كذلك ـ ان للمشتري وزحل ويورانوس، أقماراً صغيرة، تدور خارج أو داخل نظام الحلقات. ويُرجّح أن يكون لنبتون مثلها. وليس لعطارد والزهرة أي أقمار. أما الأرض، فلها قمرها الكبير البعيد، ولكن ليس لها أي أقمار صغيرة قريبة. فهل ان غياب هذه الأقمار الصغيرة القريبة هو الذي يحول دون احتفاظ هذه العوالم بالحلقات؟ وللمريخ قمران صغيران مجاوران، ولكن ليس له حلقات. فهل تم أسر قمرَي المريخ، بعد تبعثر إحدى الحلقات؟.

علينا ـ إن إستطعنا ـ أن نعرف المزيد عن تكوّن الحلقات.

لقد تمت دراسة مقارنة لاقمار يورانوس الخمسة الكبيرة. فسطح «أوبرون» مليء بالفوهات مع أشعة متألقة تنتشر إلى خارجها. وهذا شيء مألوف. إلا أن أرض الفوهات قاتمة. وهذا غير اعتيادي.

وفي «تيتانيا» وديان وصدوع، إضافة إلى الفوهات.

ولنهمل «أمبرييل» الآن، وننتقل إلى «أرييل»، ذي الأودية العميقة والصدوع الكبيرة. فالظاهر انه كلما كان القمر أقرب إلى يورانوس، كان سطحه أكثر تضرساً.

أما «ميرندا» الذي شوهد عن كثب، فكان مفاجأة كبرى، إذ نرى على سطحه البالغ التشوه، قليلاً من كل شيء: ودياناً عميقة كالمريخ، أخاديد مثل غانيميد، وسهولاً غائرة مثل عطارد. وهنالك بالإضافة، سلسلة من الخطوط الداكنة، تشبه كومة من الفطائر المتراكمة، ومجموعة من الأخاديد الظاهرة كميدان سباق، وكذلك شارة متألقة على شكل الحرف V.

والذي يبدو محيراً تماماً، أن يكون في جسم بهذا الحجم الصغير، مثل

ذلك التنوع الكبير في الظواهر السطحية. وهو جيولوجياً أصغير بكثير من أن يكون حياً. والتخمين الحالي هو أنه تعرّض لما يقرب من الموت، ربما إثر صدمة ما من جسم كبير، فتشظى فعلاً. (في قمر زحل، «ميماس» Mimas فوهة كبيرة إلى حد ان الصدمة كادت تؤدي إلى تشظيه).

ولا بد أن «ميرندا» المتشظي، قد عاد وتجمّع من جديد بفعل جاذبيته الخاصة، ولكن ليس بشكل منتظم، بل التحمت أجزاؤه كيفما اتفق، فكان سطحه على هذا الشكل الفوضوي.

ولكن يبدو لي إن السر الحقيقي يكمن في «أمبرييل». فهو أدكن الأقمار لوناً، كما انه يبدو بدون تضرسات، باستثناء حلقة متألقة كالكعكة، عند طرف نصفه المضاء.

فلماذا يكون «أمبرييل» أدكن لوناً من الأقمار الباقية؟ ولماذا يكون بلا تضرسات؟ وما الذي يُولِّد الكعكة البيضاء؟ للأسف، قد تمر على الأرجح سنوات عديدة، قبل أن نتمكن من إلقاء نظرة أخرى (وربما أفضل) على «أمبرييل». وبانتظار ذلك، لا يمكننا سوى التمعّن في الصور التي لدينا، والتساؤل. .

ولكن أهم شيء في «أمبرييل» - بالنسبة إلي - هو تلك المصادفة المميزة والتي هي بالتأكيد، خِلوٌ من أي معنى.

ففي العام 1787، اكتشف عالم الفلك الالماني - الإنكليزي «وليام هرشل» Herschel (1738 - 1822) - مكتشف يورانوس قبل ست سنوات - قمري الكوكب الأكثر تألقاً. وبدلاً من أن يسميهما وفقاً لرموز الميثولوجيا الإغريقية - الرومانية، أطلق عليهما إسمَي «أوبرون» و «تيتانيا»، وهما ملك وملكة الجن في مسرحية شكسبير «حلم ليلة في منتصف الصيف» A Midsummer Night's Dream.

وعندما اكتشف عالم الفلك الإنكليزي «وليام لاسل» William Lassell (1799 - 1880) قمري يورانوس الثالث والرابع الأكثر تألقاً سنة 1851، أطلق على أكثرهما تألقاً إسم «ارييل»، تبعاً للشخصية الطروبة الجذلة في رواية شكسبير «العاصفة» The Tempest. (كان من المفترض، بالطبع، ان «ارييل» الأكثر تألقاً، هو كذلك الأكبر حجماً من رفيقه. ولكننا نعرف الآن ان الآخر هو الأكبر،

إلا انه الأدكن، وبالتالي يعكس الضوء بنسبة أقل).

والقمر الآخر، الأدكن، أسماه «لاسل»: «أمبرييل»، تبعاً لشخصية في «قصّ خصلة الشّعر» The Rape Of The Lock، وهي ملحمة ساخرة للشاعر الإنكليزي «الكسندر پوپ» Alexander Pope (1688 - 1744). كان «أمبرييل» شخصية مزاجية تملأ قلبها الكآبة والحسرة. وقد اشتُقّ اسم «أمبرييل» من الكلمة اللاتينية التي تعني «الظل» (وهكذا، فللمظلة «ظل صغير» يقينا البلل).

عندما اكتشف عالم الفلك الهولندي ـ الأميركي «جيرارد پيتر كويپر» Gerard Peter Kuiper (1905 - 1973) قمراً جديداً، عاد مجدداً إلى «العاصفة» وأطلق على الجسم المكتشف حديثاً اسم «ميرندا»، وهي البطلة الفاتنة في المسرحية.

ولكن، أليس غريباً أن يسمى القمر القاتم المظلل، «امبرييل» على إسم الشخصية المزاجية القابعة كئيبة في الظل؟.

أيكون لهذا بعض مغزى عميق هنا؟.

كلا. كلا، على الإطلاق. إنه مجرد مصادفة.

9

الكوكب المنكمش

قبل أسابيع، تلقيت مكالمة هاتفية من امرأة شابة، قالت إنها تقـوم بإعداد مقـال ما، لمجلة ما. (لا أعتقد انها كانت كاتبة في الحقيقة، إذ كل ما تقوم بـه هو الاتصال بمختلف المشـاهير لتـطرح عليهم سؤالاً. ثم تجمع الأجـوبة معـاً، وتنشرها في الصحف. ولا يحتاج هذا إلى الكثير من المقدرة الكتابية).

قلت بحذر: «ما هو السؤال؟».

فردّت بحيوية: «ما هي حانتك المفضلة؟ ولماذا تفضلها؟ هل بسبب جودة مشـروباتهـا؟ أو جوّهـا؟ أو لاقتصارهـا على النخبة؟ أو بسبب الأشخـاص الـذين يتواجدون فيها؟ أو ماذا؟...».

وسـألتها بـاستغراب: «حـانتي المفضلة؟ أتعنين الحانـة التي يذهب إليهـا الناس كي يشربوا؟».

ـ : «أجل. من بين سائر الحانات التي زرتها...».

ـ : «ولكني لا أرتاد أي حانـة يا آنستي. فـأنا لا أشـرب، لم أشرب قط. ولا أخالني أدخل أي حانة، إلا إذا كان ذلك مروراً في طريقي إلى مائدة عشـاء ما».

بعـد صمت لم يطُلْ، قـالت مخاطبتي: «ألستَ إسحـاق عـظيمـوف الكاتب؟».

ـ : «أجل، أنا هو».

ـ : «ألست مؤلف نحو من ثلاثمئة وخمسين كتاباً؟».

ـ : «أجل. ولكني كتبت كلاً منها وأنا في كامل الوعي والرزانة».

ـ : «حقاً؟ ولكن كان في اعتقادي ان جميع الكتاب يشربـون..» (أعتقد انها كانت مهذبة عند هذه النقطة، فالـذي كانت تقصـده في الحقيقة هـو ان كل الكتّاب مدمنو خمرة ـ كحوليون أو سِكّيرون).

أجبتهـا بشيء من الامتعاض: «لا يمكنني التحـدث عن الآخرين، ولكني لا أشرب».

فغمغمت: «حقاً، هذا غريب بالفعل».

ثم أقفلت الخط.

بصراحة، اعتقد ان سائلتي استفادت كثيراً لأنها خبرت أمراً غريباً. ولا بد لنا، نحن جميعاً، من مثل هذه الإثـارة، حرصـاً على صِحّتنا العقليـة. والعلماء محظوظون ولا شك، لانهم يختبرون ذلك باستمرار. ولنأخذ على سبيل المثال، حالة الكوكب «پلوتو» Pluto:

خلال الثلث الأول من هذا القرن، كان البحث جـارياً عن كـوكب مجهول («الكوكب X»)، ذي مدار أبعد من مدار «نبتون». وكان أولئك العلماء الفلكيون الـذين يبحثون عنـه، يتوقعـون العثور على عمـلاق غازي ـ أي كـوكب أكبـر من الأرض، ولكنـه قليل الكثـافة، إذ يتكـوّن في معظمـه من الهيـدروجين والهليـوم والنيون، ومن الجليد الذي يحتوي على الهيـدروجين والماء والنشـادر والميثان. فـالكواكب الأربعـة البعيدة: المشتـري، زحل، يـورانوس ونبتـون، كانت كلهـا عمالقة غازية؛ فلماذا لا يكون الكوكب الأبعد من نبتون، كذلك؟.

وبالطبع، كان علماء الفلك يتوقعون أن يكون «الكـوكب X» أصغر حجمـاً من العمـالقة الغـازية المعـروفـة، لانـه أبعـد منهـا عن الشمس. فكلمـا بَعُـدَت الكواكب كانت السُّدُم قبل تكونها أقل كثافة وتماسكاً، وبـالتالي، كـان الكوكب الـذي يتكوّن، صغيـر الحجم. وحتى مع هـذا، كان المتـوقَّع ان «الكـوكب X» سوف يكون فعلياً أكبر من الأرض.

فكتلة المشتري ـ أكبر العمالقة الغازية وأقـربها إلى الشمس ـ تسـاوي 318

مرة كتلة الأرض؛ وزحل ـ الثاني في الكبر ـ ذو كتلة تعادل 95 مرة كتلة الأرض؛ وهناك، أبعد من هذين العملاقين، يورانوس ونبتون، تعادل كتلة كل منهما 15 و 17 مرة كتلة الأرض على التتالي.

توقّع العالم الفلكي الأميركي «پرسيڤال لويل» Percival Lowell (1855 - 1916)، وهو أشد البحّاثين مثابرة، أن «الكوكب X» سوف يواصل المسار التنازلي بحيث قد لا تزيد كتلته عن 6.6 مرات كتلة الأرض. ومع ذلك، فلن يفاجأ أحد إذا تبين أن كتلته توازي 10 أضعاف كتلة الأرض.

وبالإضافة، فليس من الضروري تقدير الكتلة، قياساً على التشابه المقارن. فثمة دليل أقوى من ذلك. إن سبب الاعتقاد بوجود «الكوكب X»، كان تلك الشذوذات الطفيفة في الحاصّة (أي البعد الزاوي) لمدار يورانوس. وهذا يعني ان علماء الفلك كانوا يبحثون عن كوكب ذي كتلة كبيرة تؤثر على مدار يورانوس بشكل يمكن قياسه، حتى ولو كان مثل هذا الكوكب يبعد ملياري أو ثلاثة مليارات كلم (1250 - 1875 مليون ميل) وراء يورانوس. فإذ كانت كتلة «الكوكب X» 10 أضعاف كتلة الأرض، فلن تكون كافية لمثل ذلك التأثير.

أخيراً، اكتُشِف «الكوكب X» سنة 1930، على يد عالم الفلك الأميركي «كلايد تومبو» Clyde Tombaugh الذي أطلق عليه إسم «پلوتو» Pluto، ربما لأن الحرفين الأولين هما حرفا الاستهلال لاسم «پرسيڤال لويل». لقد اكتُشِف على مقربة دقيقة من الموضع الذي يفترض تواجده فيه إذا كان حقاً يؤثر في مدار يورانوس. كان هذا أيضاً نقطة أخرى لصالح الاقتراح بوجوب كونه عملاقاً غازياً.

أحدثت لحظة اكتشافه صدمة غير محببة، كانت بداية عدد من الصدمات التي أحدثها «پلوتو» خلال نصف القرن التالي.

وكما ترون، فإن نبتون جِرم من المرتبة الثامنة، وهذا ما يجعله معتماً جداً بالنسبة إلى العين المجردة. وهذا أمر متوقع، باعتبار أنه يبعد 4500 مليون كلم (2800 مليون ميل) عن الشمس، وان انعكاس نور الشمس الضعيف الذي يتلقاه، يجب أن يقطع مثل هذه المسافة ليصل إلينا.

وبسبب مسافته الأبعد، وحجمه الافتراضي الأصغر، فمن الطبيعي إن يكون «پلوتو» أعتم من نبتون. وقد توقّع علماء الفلك أن يكون مظهره في المرتبة العاشرة.

إلا ان الأمر لم يكن كذلك، إذ تبيّن ان «پلوتو» كان في المرتبة الرابعة عشرة، أي أكثر تعتيماً بأربعين مرة مما كان يُتوقّع له.

وهناك ثلاثة أسباب محتملة لذلك: 1 ـ كان «پلوتو» أبعد بكثير من المتوقّع، 2 ـ كان «پلوتو» مكوّناً من مواد أعتم بكثير من المتوقع، 3 ـ كان «پلوتو» أصغر بكثير من المتوقع ـ أو، بالطبع، أي توليف بين هذه الاحتمالات الثلاثة.

كان من السهل تحديد المسافة. فمن تحوّل «پلوتو» عن موقعه الظاهري بين يوم وآخر، يمكن تكوين فكرة سريعة مقرّبة عن الوقت الذي يستغرقه في دورانه حول الشمس. وانطلاقاً من الفترة المدارية، يمكن حساب متوسط بُعده عن الشمس.

تبيّن إن «پلوتو» يستغرق 247.7 سنة لإتمام مداره مرة واحدة، وان متوسط بُعده عن الشمس هو حوالي 5900 مليون كلم (3670 مليون ميل). وهو في المتوسط أبعد عن الشمس من نبتون بنسبة مرة وثلث المرة.

وهذا يجعل من «پلوتو» أبعد الكواكب المعروفة بكل تأكيد، إلا انه ليس بالبُعد الذي يشكل السبب الوحيد في كونه معتماً بهذا القدر. ولا بد أن يكون مؤلفاً من مواد أشد إعتاماً من مواد العمالقة الغازية الأربعة، أو أن يكون أصغر منها بكثير، أو الاثنين معاً.

وسواء كان أحد هذين السببين أو الآخر ـ أو كلاهما معاً ـ فإن «پلوتو» ليس عملاقاً غازياً. فمن جهة ان العملاق الغازي (أو أي كوكب كثيف الجو، ملبّد الغيوم) يعكس حوالي نصف أشعة الشمس الساقطة عليه. وبكلمة أخرى، فإن «عاكسيته»(*) تقارب النصف (0.5). وهذا صحيح أيضاً بالنسبة إلى كوكب حتى ولو كان بدون طبقة جوية، إذا كان سطحه جليدياً (مؤلفاً من ماء متجمد ونشادر وميثان، أو أي توليف من هذه المواد).. اما الكوكب الخالي من أي طبقة جوية والمكوّن من صخور جرداء، فيكون بياضه (عاكسيته) بحدود 0.07.

بالنسبة إلى إعتام «پلوتو»، كان هناك مَيل غالب إلى الافتراض بانه قد يكون مؤلفاً من مواد صخرية، وبدون طبقة جوية. وحتى مع هذا، فإن كتلته لن تكون أكبر بكثير من كتلة الأرض، ما دام معتماً كما هو.

وهكذا، سرعان ما أخذ علماء الفلك يقسمون الكواكب التسعة الكبرى في

(*) العاكسية albedo أو «البياض» هو معدّل ما يعكسه كوكب أو سيّار من أشعة الشمس التي تصله ـ المترجم.

النظام الشمسي إلى أربعة عمالقة غازية، أو «كواكب جوپيتيرية» (نسبة إلى «جوپيتير» أي المشتري)، وإلى خمسة عوالم صخرية صغيرة، أو«كواكب أرضية». كانت هذه الأخيرة هي: عطارد، الزُهرة، الأرض، المريخ، «و».. «پلوتو».

فما الذي جاء «بكوكب أرضي» إلى تلك المسافة النائية، عند طرف النظام الكواكبي، في حين ان الكواكب الأخرى، جميعاً، تعانق الشمس من مسافات دانية؟ لم يتوفر تفسير لهذا. ولكن كان لا بد من تصنيف «پلوتو» على هذا النحو بحكم مظهره المعتم.

حتى مع ان «پلوتو» كان قد تضاءل حجمه بشدة لدى اكتشافه، فقد يبقى خامس جسم سيار في النظام الشمسي، بعد العمالقة الغازية الأربعة، هذا «إذا» كان أكبر من الأرض بقليل.

ولكن هل «پلوتو» بحجم الأرض؟ إنه يحمل بشكل ما، سمات ما يمكن اعتباره كوكباً صغيراً جداً، ذلك إن دراسة المدار تعطي فكرة عن حجم الكوكب.

ومدارات الكواكب ليست كلياً إهليلجية elliptical، فالاختلاف المركزي eccentricity في مدارات معظم الكواكب، هو بنسبة 0.05 أو أقل من ذلك. مثلاً إن الاختلاف المركزي لمدار الأرض، هو 0.017. هذا يعني ان معظم مدارات الكواكب، تبدو للعين المجردة وكأنها دائرية.

يشذ عن هذه القاعدة، الكوكبان الأصغران. فالمريخ، ذو الكتلة التي تعادل عُشر (1/10) كتلة الأرض، يختلف مركز مداره بنسبة 0.1، وعطارد، بكتلة تعادل 1/20 من كتلة الأرض (نصف كتلة المريخ) ذو اختلاف مركزي يعادل 0.2.

فإذا كنا نريد الربط بين صغر الكتلة وبين كبر الاختلاف المركزي، فماذا نفعل، بالنسبة إلى «پلوتو»؟ بما ان حركته في السماء كانت موضوع دراسة على مدى زمن طويل، فقد عرفت تفاصيل مداره، ووُجِد ان الاختلاف المركزي فيه أعلى منه في مدار عطارد بنسبة 0.25 ـ وهو في الواقع أعلى ما نجده في مدارات الكواكب التسعة جميعاً.

هل يعني هذا ان كتلة «پلوتو» أصغر من كتلة عطارد؟.

ليس بالضرورة، إذ لا وجود لأي سبب «إلزامي»، للربط بين الكتلة الصغيرة وبين الاختلاف المركزي الكبير. فكتلة نبتون لا تزيد عن 1/20 من كتلة المشتري، ومع ذلك فالاختلاف المركزي في مداره ليس أكبر منه في مدار المشتري، بل في الواقع، أصغر بكثير، أي بحدود (1/5) الخُمس. لذلك، لا يمكن أن تكون زيادة الاختلاف المركزي في مدار «پلوتو» وحده، حجة كافية للدلالة على انه كوكب صغير ـ إلا ان الأمر يتطلب التفكير.

وبالمناسبة، فإن زيادة الاختلاف المركزي في مدار «پلوتو»، يعني إن بُعده عن الشمس، يتفاوت بفارق كبير أثناء دورانه حولها. ففي موقعه الأقرب ـ «الحضيض الشمسي Perihelion ـ يكون «پلوتو» على مسافة 4425 مليون كلم (2750 ميلون ميل) من الشمس. وفي الطرف الآخر من مداره، الذي يبلغه بعد، قرن وربع القرن من الحضيض الشمسي، حيث يكون في النقطة الأبعد ـ «الأوج الشمسي» Aphelion ـ يبعد 7375 مليون كلم (4583 مليون ميل) عن الشمس، أي بفارق 2950 مليون كلم (1833 مليون ميل).

قد لا يشكل هذا فارقاً يذكر بالنسبة إلى فريق من المكتشفين، متواجد فرضاً على سطح «پلوتو» بالطبع. فالشمس لا تتعدى كونها نجماً ساطعاً في سماء «پلوتو». وإذا كانت أقل سطوعاً في الأوج بقليل، منها في الحضيض، فمن الأرجح ان أحداً من فريق المكتشفين الفلكيين هناك، لن يشعر بذلك أو يأبه له.

إن الاختلاف المركزي في مدار «پلوتو» يضعه أحياناً في نقطة أقرب قليلاً إلى الشمس، مما قد يصل إليه نبتون. فنبتون في حضيضه يبعد عن الشمس 4458 مليون كلم (2771 مليون ميل)، ويكون «پلوتو» في حضيضه، أقرب منه بمسافة 33 مليون كلم (20.5 مليون ميل).

وهكذا كما يصادف، ففي سنة 1979، دنا «پلوتو» ـ الذي كان يقترب من حضيضه ـ إلى جوار الشمس أكثر من نبتون، فلم يعد عندها أبعد الكواكب لفترة ما. وفي كل من مدارات «پلوتو» حول الشمس، يبقى أقرب إليها من نبتون لفترة عشرين عاماً. في المدار الحالي، يبلغ «پلوتو» حضيضه الشمسي سنة 1989 ويعود مجدداً للابتعاد أكثر من نبتون، في العام 1999. وهو لن يكرر هذه الظاهرة الغريبة قبل العام 2227 وإلى العام 2247.

المظهر الآخر من مظاهر المدار الكوكبي، هو «مَيله» inclination، أي

مقدار انحرافه عن مستوى مدار الأرض. عادة ما يكون مَيل الكواكب ضئيلاً، فهي تدور تقريباً في مستوى واحد بحيث أننا لو قمنا بتمثيل مصغّر ذي ثلاثة أبعاد للنظام الكواكبي وصولاً حتى نبتون، لأمكننا أن نضعه بكل سهولة في واحدة من تلك العلب [القليلة الارتفاع] التي توضع فيها [فطائر] البيزا.

مرة أخرى يشذ أصغر الكواكب إلى حد ما، ففي حين يكون مَيل المدارات عادة بحدود 3 درجات أو دون ذلك، نرى أن مَيل مدار عطارد يبلغ 7 درجات. فلو كان المَيل الشديد في مستوى المدار، يقتضي كتلة صغيرة، فماذا نقول في مدار «پلوتو»، ذي الميل الذي يبلغ 17 درجة؟ ومع ان يورانوس أصغر كتلة بكثير من زحل، فإن مَيل مداره من مَيل مدار زحل، وهكذا نرى ان لا علاقة بالضرورة بين مَيل المدار، وبين الكتلة. فالمَيل الشديد في مدار «پلوتو» قد لا يكون ذا أهمية إذن ـ إلا أنه مدعاة للتفكير.

إن المَيل الكبير في [مدار] «پلوتو» يعني انه بالرغم من مروره مرتين عبر مدار نبتون، في مخطط ذي بعدين للنظام الكواكبي، فلا مجال إطلاقاً لأي اصطدام بين الكوكبين في المستقبل المنظور. وبشكل ثلاثي الأبعاد، فإن مَيل «پلوتو» الشديد، يحمله إلى ما دون مدار نبتون، بحيث لا يدنو أحد الكوكبين من الآخر أكثر من 1300 مليون كلم (800 مليون ميل)، عندما يبدو ان المدارين يتقاطعان. وفي الواقع، فإن «پلوتو» يقترب أحياناً من يورانوس أكثر مما قد يقترب من نبتون.

إن إعتام «پلوتو» الذي يدلّ على كونه أصغر مما كان متوقعاً في البداية، يشير كذلك إلى شيء آخر، إذ إن انعكاس النور عليه ليس مستقراً.

إذا كان «پلوتو» كوكباً صخرياً، فقد يتفاوت انعكاس النور على بعض أجزاء سطحه في الفعالية، إذ تكون صخوره أفتح لوناً في مكان ما، منها في آخر، أو تكون مغطاة في بعض منها بالجليد دون البعض الآخر. إذا كان الأمر كذلك، فلا بد مع دوران الكوكب، من أن يتفاوت تألقه بعض الشيء، وبالتالي، لا بد من تفاوت إجمالي متزامن مع فترة دورانه.

سنة 1954، قام عالم الفلك الكندي «روبرت هـ. هاردي» Robert H. Hardie مع معاونه «ميرل ووكر» Merle Walker، بقياس التألق على نحو بالغ الدقة، فخلصا إلى ان «پلوتو» يدور حول نفسه كل 6.4 أيام. (أفضل رقم حالياً

هو 6 أيام، و9 ساعات و 18 دقيقة ـ أو 6.39 يوم).

وهذا أيضاً يضع نقطة استفهام حول حجم «پلوتو». فالمعروف عموماً، انه كلما كبر حجم الكوكب، يكون أسرع في دورانه حول نفسه. فالمشتري، وهو أكبر الكواكب، يدرو حول محوره مرة في 9 ساعات و 50 دقيقة؛ كما يدور زحل ـ الثاني في الكبر ـ خلال 10 ساعات و14 دقيقة؛ ويدور يورانوس، أصغر العمالقة الغازية في 17 ساعة و15 دقيقة.

أما الكواكب الأرضية ـ الأصغر حجماً من العمالقة الغازية، فهي ذات فترات دوران أطول من هذا: تدور الأرض في 24 ساعة؛ ويدور الجِرم الأصغر ـ المريخ ـ في 24 ساعة و 37 دقيقة. إلا ان كلاً من عطارد والزهرة يدور ببطء فعلاً. ولتأثيرات الشمس المدّية علاقة في ذلك.

على الرغم من هذا، فإن «پلوتو» الذي لا يُحتمَل أن يواجه أي تأثير مدّي من الشمس النائية، هو ذو فترة دورانية تزيد على ستة أيام، مما قد يبدو سمة كوكب صغير جداً. ومرة أخرى، قد يكون الأمر مجرد مصادفة. إلا أن لدينا الآن ثلاث ميزات ـ الاختلاف المركزي في المدار، والمَيل المداري، والفترة الدورانية ـ وجميعها دلائل على كون «پلوتو» ذا حجم صغير جداً. فإلى أي مدى يمكن أن تمتد المصادفة؟.

إن المطلوب، هو قياس مباشر لقطر «پلوتو». ولكن كيف نقوم بهذا القياس؟ فمع بُعده الشاسع، وحجمه الصغير المرجّح، لا يبدو «پلوتو» أكثر من نقطة ضوء، حتى في مقراب(*) جيدّ، وحتى لو كان قريباً من حضيضه الشمسي أثناء الرصد. (أما إذا كان قريباً من أوجه، بقطره الظاهري الذي لا يتجاوز 3/5 قطره وهو في حضيضه، فإن الأمر يكون أكثر صعوبة).

ولكن في العام 1950، تولى المهمة عالم الفلك الهولندي ـ الأميركي «جيرارد پيتر كويپر» Gerard Peter Kuiper (1905 - 73) باستخدام مقراب «پالومار» Palomar ـ الجديد آنذاك ـ ذي المرآة الكبيرة: 200 إنش (508 سم). وجّه المقراب نحو «پلوتو»، وحاول تقدير عرض نقطة الضوء.

لم يكن ذلك سهلاً لأن الكوكب الصغير «پلوتو» يومض (يتلألأ) قليلاً، وتكبير حجمه عبر المقراب، يُكبّر الوميض كذلك. وأفضل ما توصّل إليه

(*) telescope منظار فضائي يقرّب رؤية الأجسام السماوية ـ المترجم.

«كويپر»، كان تقدير حجم «پلوتو» بـ 0.23 ثانية قوسية. (بالمقارنة، لا تقل رؤية الكوكب نبتون عن 2.2 ثانية قوسية أبداً. أي ان اتساع «پلوتو» الظاهري يعادل عُشر 1/10 اتساع نبتون).

إن مقدار 0.23 ثانية قوسية الظاهري لـ «پلوتو»، يعني ـ بالنظر إلى بُعده الشاسع ـ ان قطره سوف يكون في حدود 6100 كلم (3800 ميلاً). وهذا ما يجعل كوكبنا ـ الذي تضاءل حجمه بشكل لا يُصدّق ـ أصغر من الأرض، بل أصغر من المريخ ذي القطر البالغ 6790 كلم (4220 ميلاً). وبدلاً من كونه الخامس في الحجم بين الكواكب، فهو سوف يصبح الثامن، إذا يبقى دونه عطارد وحده من بين الكواكب الرئيسية.

لم يرضَ الجميع عن الرقم الذي توصّل إليه «كويپر»، ذلك ان تحديد قطر «پلوتو» عن طريق المشاهدة في المقراب، أمر غير موثوق. فثمة طريقة أخرى.

لحظة بعد أخرى، يمر «پلوتو» أثناء سيره البطيء في السماء، على مقربة من أحد النجوم المعتمة. فإذا حدث ومرّ أمام نجم ما (الكسوف العابر أو الانحجاب)، occultatiom فإن النجم سوف يخبو (ينحجب) لفترة تختلف مع وجوده خلف «پلوتو» عندما يكون قريباً من أحد طرفي مداره، أو في مواجهة مركزه. فإذا تمكّنا من تحديد موقع النجم بدقة، وكذلك مركز مدار «پلوتو»، وإذا أمكن تحديد المسافة الدنيا بين الاثنين بدقة، مع قياس فترة أو كسوف النجم، يمكن عندها تحديد قطر «پلوتو» إلى درجة مقبولة من الدقة.

بالطبع، قد يحدث أن يخطىء «پلوتو» النجم قليلاً. في هذه الحال، إذا قِسنا المسافة بين مركز «پلوتو» وبين النجم، يمكن تقدير الحد الأقصى لقطر «پلوتو»، أي القطر الذي سوف يجعله بالضبط يخطىء النجم.

في 28 نيسان/إبريل 1965، كان «پلوتو» يقترب إلى امام نجم معتم في كوكبة (مجموعة) «ليو» Leo، بحيث ان «پلوتو» إذا كان بحجم الأرض أو المريخ، فسيحجب النجم. ولكنه «أخطأه»، ومن هذه الواقعة أمكن الحساب بأن قطر «پلوتو» لا يمكن أن يتعدى 5790 كلم (3600 ميلاً)، بل قد يكون أصغر من ذلك بالفعل.

وهكذا، بدا أن حجم كوكبنا ـ المنكمش بشكل غير معقول ـ لن يكون أكثر من وسطي بين حجمي المريخ وعطارد، ولن تزيد كتلته عن 1/16 من كتلة الأرض ـ بل قد يكون أقل من ذلك.

أخيراً، وبشكل غير متوقع حُلَّ الإشكال، في حزيران 1978. كان عالم الفلك «جايمس كريستي» James Christie، يقوم في مدينة واشنطن بدراسة صور فوتوغرافية ممتازة، أخِذت لـ «پلوتو» بواسطة مقراب ذي 61 إنشاً (155 سم) في أريزونا، على ارتفاع كبير عن سطح البحر، حيث تأثيرات الطبقة الهوائية المتداخلة ضعيفة جداً.

درس «كريستي» الصور مع تكبير بالغ، فتبيّن له نتوءا على سطح «پلوتو». أيكون ذلك ناتجاً عن تحرك المقراب قليلاً عند أخذ الصورة؟ كلا. ففي مثل هذه الحال، تبدو النجوم المتواجدة في حقل الصورة جميعاً، على شكل خطوط قصيرة؛ إلا انها كانت كلها، نقطاً صحيحة دقيقة.

وتفحّص «كريستي» صوراً أخرى مكبرة، فكانت كلها تحمل ذلك النتوء. وبالإضافة، فقد لاحظ «كريستي» ان موقع النتوء كان يختلف بين صورة وأخرى. وبحماس بالغ، حصل «كريستي» على صور سابقة، يعود بعضها إلى ثماني سنوات خلت، فتبيّن له ان النتوء كان يدور حول «پلوتو» دورة كل 6.4 أيام - وهي فترة دورة الكوكب على محوره.

فإما أن يكون على سطح «پلوتو» جبل ضخم، أو أن يكون له قمر قريب منه. كان «كريستي» - واثقاً من انه قمر، وهذا ما تأكد نهائياً سنة 1980، عندما قام عالم الفلك الفرنسي «أنطوان لابيري» Antoine Labeyrie - الذي يعمل على قمة [جبل] «موناكيا» Mauna Kea في هاواي Hawaii، باستخدام تقنية مقياس التداخل النقطي. لقد أظهر هذا، الكوكب «پلوتو» بشكل نمط من النقط، وصنع له نمطين، أحدهما كبير والآخر صغير، من دون أي رابط بينهما. وتبيّن بشكل حاسم ان هنالك قمراً للكوكب «پلوتو».

أطلق «كريستي» على القمر إسم «كيرون» Charon (KAY - ron) تبعاً لاسم قبطان المعدّية (ferryboat) الذي تروي الخرافة الإغريقية انه كان يحمل أرواح الموتى عبر «نهر ستيكس» River Styx إلى مملكة پلوتو السرية تحت الأرض. (شخصياً، كنت أفضّل إسم «پرسفون» Persephone للقمر، وهو اسم زوجة پلوتو، إلا ان «كريستي» على ما يبدو، كان متأثراً بكون اسم زوجته «هو»: «كارلين» Charlene).

وفي العام 1980، مر «پلوتو» من أمام نجم آخر ولكنه أخطأه (كما يُرى من الأرض). ومع ذلك، عبر كيرون أمامه فشوهد احتجاب النجم من مرصد في جنوب

إفريقيا، على يد عالم فلكي يدعى «ا. ر. ووكر» A.R. Walker. خبا النجم لفترة 50 ثانية، مما يطعي «كيرون» قطراً بحد أدنى 1170 كلم (730 ميلاً).

ولكن لـدينـا الآن طـريقـة أفضـل في تحـديـد الحجم، فـعنـدمـا نعرف بُعد قمرٍ ما عن الكوكب الذي يـدور حولـه، يمكننا حسـاب كتلة الكوكب مع قمره. ومع الافتراض ان تـركيبهما الكيميـائي واحد، يمكننـا معرفـة كتلة كل منهما.

تبيّن إن «كيـرون» يبعـد 19400 كلم (12000 ميـل) عن «پلوتـو»، وهـو مـا يعـادل 1/20 من بعد قمـرنا عن الأرض. وبـالتالي، فـلا غرابـة، بالنـظر إلى بُعد «پلوتو» عنا، أن يبقى قمره ـ القريب منه إلى هذا الحد ـ مجهولاً طـوال ما يقـرب من نصف قرن.

تم حساب كتلة «پلوتو»، فكـانت 0.0021 (1/500) من كتلة الأرض، وتبيّن إن هذا الكوكب المنكمش بشكل لا يُصدّق، أصغـر كتلة من عطارد. في الـواقع هو أكبر بقليل من سدس (1/6) كتلة قمرنا. وثبت أخيراً ان جميع القيـاسات التي كانت تشير إلى كون «پلوتو» كوكباً صغيراً جداً، هي صحيحة.

أما «كيرون»، فإن كتلته تعادل عُشر (1/10) كتلة «پلوتو».

والآن، وقـد عرفنـا مدى صـغر «پلوتو»، لا يمكننـا التصوّر بـانه مؤلف من صخـور. فـنظراً لحجمـه الصغيـر، لا يمكنـه إن يعكس من النـور، بصخـوره الجرداء، ما يبـرر تألقـه الذي نشـاهد. فـلا بد وانـه جسم جليدي، الأمـر الذي يجعله أقل كثافة وأكبر حجماً، بحيث يعكس مزيداً من الضوء الذي يتلقى.

ويعتبـر حاليـاً ان قطر «پلوتـو» يبلغ 3000 كلم (1850 ميلاً)، سبعـة أثمـان (7/8) قطر قمرنا؛ وقطر «كيرون» 1200 كلـم (750 ميلاً)، وهـو قريب من التقـدير الذي تم أثناء كسوف 1980.

هذا يعني ان هنالك ـ إضافة إلى الكواكب الثمانية ـ سبعـة أقمار أكبـر كتلة من «پلوتو» (وهي: «القمر»، «أيو»، «يوروپا»، «غانيميد»، «كالليستو»، «تيتان» و «تريتون»)(*). فهو لم يعد الخـامس بين كبار الكـواكب في النظام الشمسي، ولا حتى الثامن، بل انكمش ليصبح في المرتبة السادسة عشرة من الكبر.

حـاول بعض علماء الفلك في المـاضي إنكار الحجم الـظاهـري الصغيـر

(*) على التالي: The Moon, Io, Europa, Ganymede, Callisto, Titan and Triton.

للكوكب «بلوتو»، ليجعلوه ذا حجم وقوة جاذبية، عن طريق الإيحاء بان سطحه أملس وجليدي، وان نقاط الضوء الظاهرة، لم تكن «بلوتو» نفسه، بل الانعكاس المحدود للضوء على ذلك السطح الأملس، وتقبّل آخرون الحجم الصغير ولكنهم مع ذلك حاولوا الحفاظ على كتلة عالية، بتصورهم كثافة شديدة.

أما الآن، فقد استُنفِدت كل الحِيَل، وعرف ان «بلوتو» صغير الحجم، كما يمكن حساب كثافته من حجمه وكتلته. تبيّن ان كثافته ضئيلة، بل أقل من أي توقع ممكن (وهذا أيضاً مفاجأة كبرى): فكثافته لا تزيد عن 0.55 من كثافة الماء، حتى إنه أقل كثافة من زحل (0.7) الذي كان حتى ذلك الحين، الأقلّ كثافة بين سائر الكواكب المعروفة.

وهو أصغر من أن يكون مؤلفاً من هيدروجين وهليوم ونيون، وبالتالي فلا بد وان يكون جليدياً. والميثان المتجمّد (توالف من ذرات الكربون والهيدروجين)، هو الأخفّ وزناً بين الأجسام الجليدية المألوفة، إذ يعادل نصف كثافة الماء. فقد يكون «بلوتو» والحالة هذه، مؤلفاً في معظمه من الميثان المتجمد. في هذه الحال، تكون له طبقة جوية رقيقة من بخار الميثان البالغ البرودة. فحتى مع بُعد «بلوتو» عن الشمس، فإن بعض الميثان قد يتبخر، ويكون البخار بارداً إلى حد انه يبقى معلقاً في الجو، حتى مع جاذبية «بلوتو» ذي المساحة الصغيرة.

ولننظر الآن في كتلة «غانيميد»، أكبر أقمار المشتري، وهي 0.1 بالألف من كتلة كوكبه. أما كتلة «تيتان»، أكبر أقمار زحل، فهي 0.25 بالألف من كتلة كوكبه، وكتلة «تريتون»، أكبر كواكب نبتون، 1.3 بالألف من كتله كوكبه.

بشكل آخر، فإن كتلة القمر هي 1.23 بالمئة من كتلة الأرض. ولم يكن هنالك، قبل العام 1978، أي قمر آخر، بهذه النسبة الكبيرة من الكتلة.

ثم جاء بعد ذلك «كيرون» الذي يبلغ نسبة 100 جزء من الألف من كتلة «بلوتو» (أي العُشر 1/10). وبالمقارنة، نجد أن كتلة «كيرون» بالنسبة إلى «بلوتو»، أكبر بثمانية أضعاف من كتلة القمر بالنسبة إلى الأرض. وبذلك يكون التوالف «بلوتو ـ كيرون» قد نجح في انتزاع اللقب: «الكوكب المزدوج».

ثمة شيء أخير: إن هذا التوالف «بلوتو ـ كيرون» لا يُعتبَر ذا شأن يذكر، من حيث الجاذبية، ولا يمكن ان يكون له تأثير ملموس على مدار يورانوس.

ومع ذلك، فالشذوذ في مدار يورانوس، واحتمالاً في مدار نبتون، ما زال موجوداً.

فما الذي يسبب ذلك؟.

«الكوكب X». فقد يكون في مكان ما من الفضاء البعيد، وقد يكون عملاقاً غازياً، كما كان مفترضاً في السابق، فالاكتشاف العفوي للكوكب الصغير «پلوتو»، حوّل أنظارنا بعض الشيء عن البحث. فلنتابع الرصد.

(ملحق)

هذه مجموعتي الرابعة والعشرين (دزينتان؟) من المقالات في «مجلة الخيال، والخيال العلمي»، ولا يمكن تصوّر سروري: (أ) لبقائي على قيد الحياة بحيث تسنى لي جمع هذا المقدار، (ب) لأن المجلة تحملت العمود المخصص لي، طوال هذه المدة، (ج) لأن لطف القيّمين في «دبلداي» Doubleday كذلك، جعلهم يتحملونني برحابة صدر.

إلا إن الأمر لا يخلو من صعوبات. فعندما اكتب مقالاً حول موضوع ما، أصبح شديد الولع والحساسية بالنسبة إلى التطور اللاحق في ذلك الموضوع بالذات ويزعجني أن أكون متخلفاً زمنياً، أو ان يتم شيء أعارضه في هذا الصدد، أو ـ ولنقل أي شيء.. وبما اني أكتب المزيد والمزيد من المقالات، فإن أمامي فرصاً متزايدة للحساسية، وتفقد الحياة شيئاً من هنائها.

وهكذا، فقد أضفت إلى هذه المجموعة، كفصل تاسع، مقالاً اسميته «الكوكب المنكمش الذي لا يصدّق»، يصف اكتشاف «پلوتو»، وكيف أدّى قياس قطره على مراحل، إلى أرقام أصغر فأصغر. ففي البدء، كان يُتوقع بكل قناعة أن يكون أكبر من الأرض، ثم تبيّن ان ذلك خطأ ـ وبشكل متزايد في الواقع، إلى ان ثبت الآن، وبعد مختلف التحريات، انه أصغر من القمر.

كان الرقم النهائي الذي قدّمته في مقالي لقُطر «پلوتو»: 1850 ميلاً (3000 كلم)، وقد كتِب المقال في خريف 1986. وجاء تقرير في ربيع العام 1987، فخفض الرقم إلى 1600 ميل (2500 كلم). فإذا كان الرقم الأصغر صحيحاً، يصبح قطر «پلوتو» مساوياً لثلاثة أرباع (3/4) قطر القمر وبالإضافة. فبما أن «پلوتو» مكوّن من مواد جليدية خفيفة، بدلاً من الأجسام الصخرية الثقيلة ـ كما هي حال القمر، فإن كتلته قد لا تزيد عن سُدس (1/6) كتلة القمر.

ثم إن عدداً من علماء الفلك ـ ربما أزعجهم أن لا يكون «پلوتـو» ذا حجم محترم ـ يتمنون الحط من مرتبته، بقولهم إنه يجب أن يُعتبَر كويكباً لا كوكباً.

وبمـا أني كتبت حول هـذا الموضـوع، أشعـر أن من حقي إسمـاع رأيي، وأعتقد ان هذا الاقتراح مضحك. .

فهناك ثلاثة نماذج من الأجرام في النظام الشمسي، يمكن تصنيفها بمنتهى الدقة:

(1) الشمس. وهي الجسم الـوحيـد الكبيـر في النـظام الشمسي الـذي انطلق التفاعل النووي في مركزه. إنه نجم ذو إشعاع قوي منظور.

(2) الكواكب. وهي ليست ذات إشعاع قـوي، وتتحرك في مـدارات حول الشمس.

(3) الأقمـار. وهي ليست ذات إشعاع قـوي، وتتحرك في مـدارات حـول الكواكب.

ولا مجال للالتباس بين أحدها والآخر، إذ ليس ما يدفعنـا حتى الى تسمية أكبر الكواكب شمساً، كما اننا لا نجد صعوبة في التمييز بين كوكب وقمر.

إلا ان مجموعة الكواكب كثيرة التنوع؛ وهذا ما بقي عالقـاً في ذهن علماء الفلك خلال العقد الأول من القرن التاسع عشر، عندما اكتشفت أربعـة كواكب، أصغر بكثير من سائر الكواكب الأخرى، كـانت تدور حـول الشمس في مدارات تقع بين مداري المريخ والمشتري. كان أكبر هذه الأجسام (ولا يزال الأكبر حتى الآن رغم اكتشاف الآلاف من الأجسام الإضافية) هو «سيرِس» Ceres، ولا يـزيد قطره عن 640 ميلاً (1000 كلم) ـ بـالمقارنـة مع قـطر عطارد، 3013 ميـلاً (4850 كلم)، وهـو أصغر كـوكب معروف حتى ذلـك الوقت. ولا يـزيد «سيـرس» على الأرجح عن 1/200 من كتلة عطارد.

اقتـرح عـالم الفلك «وليـام هـرشـل» William Herschel أن تُسمّى هـذه الكـواكب الصغيرة «كـويكبات» (من الكلمـة اليونـانية التي تعني «شبيـه بالنجم» asteroid) لإنها كانت تبدو في المقراب نقـطاً مضيئة كـالنجوم، بـدلاً من كونهـا دوائر متسعة من الضوء شأن الكواكب الكبرى.

إذن، فأفضل تحديد للكـويكب، هو أن نسميه كوكبـاً صغيراً يـدور حول الشمس في مـدار بين مداري المـريخ والمشتـري. ومرة أخـرى، فـإن شعـوري الشخصي هو ان كلمة «كويكب» هي لفظة بالية. وإذا أردنا التمييز بين الكـواكب

على أساس الحجم، علينا أن نتحدث عن «كواكب كبرى» و «كواكب صغـرى». والأكثر من ذلك، ان الأجسام الصغيرة جـداً، مثل «النيـازك الدوارة» وجسيمـات الغبـار التي تتـرواح أحجـامهـا من عـدة يـاردات (Yards) إلى أجـزاء ضئيلة من الإنش، يحسن أن تسمى كواكب مجهريـة، بل إن المـذنّبـات يجب كـذلـك أن تسمى «كواكب مذنّبة».

ولكن، إذا كان العلماء يقبلون بهذا الاقتراح ـ البـالغ الـذكاء! ـ ويصنفـون سـائر الأجسـام التي تدور حـول الشمس بمراتب متفـاوتـة من «كـوكب»، فمـاذا عساهم يسمّون «پلوتو» ـ أكوكباً أكبر أم كوكباً أصغر؟.

منذ البداية، وبحكم عادة ترجع إلى آلاف السنين، كان عطارد يُعتبر كوكباً ولم يزعم أحد حتى اليوم، خلاف كونه أحد الكواكب الكبرى، ولو انه قد يُعتبـر أصغـرها جميعاً. فلنقل إذن أن أي جسم بحجم عـطارد وكتلته على الأقـل، هو كوكب كبير.

هنالك ثلاثة أقمار فقط، بحجم عطارد أو أكبـر قليلاً، وهي «غـانيميد»، و «كالليستو» و «تيتـان». ولكن لا إلتباس هنـا. فـ «غانيميـد» و «كالليستـو» يدوران حول المشتري، و«تيتان» يدور حول زحل. وعلى الرغم من كبر أحجـامها، فهي معروفة عالمياً بكونها أقماراً، لا كواكب. ثم إن هـذه الأقمار الكبيـرة مكوّنـة من مـواد جليـديـة خفيفـة نسبيـاً. فحتى كتلة أكبـرهـا، لا تـزيـد عن نصف كتلة عطارد. ـ إلى هنا، لا إعتراض.

وإذا استثنينا «پلوتو» الآن، يبقى «سيـرس» أكبر جسم كـويكبي، فهو أكبـر بكثير من أي كويكب آخر ـ داخل أو خارج حزام الكـويكبات. كمـا انه أكبـر من أي مـذنّب معـروف. وسيكـون صحيحـاً أن يقـال: إن الكـوكب الصغيـر (أو الكـويكب) هو أي جسم يتحـرك في مدار حـول الشمس، بحجم وكتلة يعادلان حجم وكتلة «سيرس»، أو دونهما.

وهذا يترك فجوة كبيرة بين «سيـرس» وعطارد. فقـطر عطارد يعـادل خمسة أضعاف قطر «سيرس» تقريباً، وكتلته حوالي 200 ضعفاً. في هـذه الفجوة، يقـع «پلوتو»؛ فقطره ـ إذا اعتمـدنا الـرقم 1600 ميل (2500 كلم) ـ يعـادل ضعفي قطر «سيرس» ونصف الضعف (2.5)، في حين يعادل قطر عطارد، ضعفي قطر «پلوتو» تقريباً. وبالتالي يكـون «پلوتو» وسـطاً بين الاثنين. أما بـالنسبة إلى الكتلة، فقـد تعادل كتلة «پلوتو» 16 مـرة كتلة «سيرس»، إلا أن كتلة عـطارد تعادل بـدورها 16

مرة كتلة «پلوتو». ومن جديد، يكون «پلوتو» وسطاً بينهما.

ولكن في هذه الحال، هل نسمي «پلوتو» كوكباً أكبر، أم كوكباً أصغر؟ ربما ـ لو كان «پلوتو» يعقل ـ لكان يفضل أكثر بكثير أن يكون أكبر الكواكب الصغرى، من أن يكون أصغر الكواكب الكبرى.. (ينسبون إلى «يوليوس قيصر» Julius Caesar قوله: «أفضّل أن أكون الأول في قرية إسبانية صغيرة، من أن أكون الثاني في روما!»).

بيد أن اقتراحي الشخصي هو: أن يُسمّى كل ما هو بحجم عطارد فما فوق، كوكباً أكبر، وكل كا هو بحجم «سيرس» فما دون، كوكباً أصغر؛ وكل ما هو بين عطارد و«سيرس»، «كوكب وسطي» Mesoplanet. و«پلوتو»، هو الكوكب الوسطي الوحيد، المعروف حتى الآن.

أفلا يبدو هذا معقولاً؟.

10

الأجرام الصغرى

كنت أتنـاول طعام الغـداء مع أحـد المحررين في مـطعم قـريب، الشهـر الماضي. اقترب مني المدير وقال إنه يكره مقاطعتنـا، ولكن هنالـك سيد يـرغب في التعـرف إليّ. فتنهدت، ونـظرت إلى رفيقي بشيء من العصبيـة (كـان لـدي شعور دائم بانه قد يُشتبَـه في كوني أقـوم بتدبيـر مثل هـذه الأمور، لخلق انـطباع بالأهمية) وقلت:

«حسنٌ، فليتفضّل».

وجاء رجل مـربوع القـامة، نحيـل نوعـاً، ذو عينين سوداوين، وحـرقدة[*] بارزة، يرتدي قميصاً مفتوحاً عند القبّة، وله لحية لم تحلق منذ الأمس. لم أقف لـه، لأن من بين امتيازات السنّ المتقـدمـة، أن يبقى المسنّ جـالسـاً، في حين يُضـطر الأصغر سنـاً إلى الوقـوف، ويعرف الجميـع إن الحكمة تقضي، عنـدمـا تشيخ مفاصل الركبة، بان لا نجشمها مجهوداً غير ضروري.

رسمت على سحنتي ابتسامة لطيفة، وقلت: أهلا، للقادم الجديد، الـذي قال لي بكل جدية:

(*) عقدة الحنجرة، وتسمى «تفاحة آدم» ـ المترجم.

«دكتور عظيموف، ان اسمي «موراي أبراهام» Murray Abraham، وأود أن أقول لك إن كتابك عن شكبير. . .».

ولم يتمكن من إكمال كلامه، لإني «عند ذاك»، انتصبت واقفاً، وبمنتهى النشاط. . قلت باقتناع تام:

«أنت لست «موراي أبراهام». . أنت «أنطونيو ساليري» Antonio Salieri!».

واختلط الحديث بعد ذلك، فأصبح مجرد فوضى. لم أعِره انتباهاً وهو يتحدث عن مؤلفاتي. أردت أن أحدثه عن أجادته التمثيل في الفلم السينمائي «أماديوس» Amadeus. وبما اني كنت أكبر منه سناً، أعتقد انه أخيراً، رأى من اللياقة المفترضة، أن يدعني أكمل حديثي. ولم أعرف أبداً، ما كان يريد قوله حول كتابي عن شكسپير. .

حدث ذلك هكذا، كما ترون. نادراً ما أرتاد دور السينما، لانهماكي خصوصاً على طابعتي (آلتي الكاتبة) ومُعالِج الكلمات (قد تستغربون كيف يأكل كاتب غزير الإنتاج في هذه الأيام. .) ومع ذلك، فقد اغتنمت فرصة مشاهدة «أماديوس».

تأملت برهبة وإعجاب، كيف كان «ف. موراي أبراهام» (الذي لم أره من قبل) يقوم بدور «ساليري» الصعب، وهو دور الشرير والمثير للشفقة في آنٍ معاً. وعند حوالي منتصف عرض الفلم، إلتفتُ نحو زوجتي الحبيبة «جانيت» قائلاً: «سوف يفوز هذا الشاب «أبراهام» بجائزة الأكاديمية على دوره».

لم أشهد من قبل أي منافسة، بيد أني كنت واثقاً من أن أي تجسيد لشخصية سينمائية في هذه السنة، لن يبلغ مستوى «أبراهام». لقد أدركت الكمال عندما شاهدته.

وبالطبع، لقد فاز «أبراهام» - «فعلاً» - بجائزة الأكاديمية. كنت في غاية النشوة لهذا النصر، فهو بمثابة تقدير لرأيي الخاص «بأبراهام».

لهذا السبب، كنت شديد الحماس عند مقابلته. ولهذا السبب أنكرت أسمه. قد يكون الآن، وإلى الأبد، «ف. موراي أبراهام» بالنسبة إلى نفسه. أما بالنسبة إليّ، فهو «أنطونيو ساليري»!.

حين رحت أتأمل صعوبة التمييز بين الممثل وبين دوره، قادتني سلسلة التفكير إلى موضوع التمييز بين المذنّب، وبين الكويكب. وها هو:

وما دمنا في صدد التمييز بين المرتبتين الرئيسيتين للأجرام الصغرى في النظام الشمسي، فلنبدأ بتعريف كل منهما:

الكويكبات (أو الكواكب الصغيرة) asteroids هي حشد من أجسام صغيرة تدور حول الشمس، بين مداري المريخ والمشتري، بعضها قد يبلغ حجماً كبيراً، مثل «سيرِس» Ceres ذي القطر 1000 كلم (600 ميل). وهناك عشرات منها بقطر 100 كلم (60 ميلاً)، إلا أن معظم هذه الكويكبات التي قد يتعدى عديدها 100.000، صغير الحجم، لا يتجاوز قطره عدة آلاف من الأمتار.

وهناك حشد آخر من أجسام صغيرة، تدور افتراضاً حول الشمس، ولكن على مسافة أبعد بكثير. ففي حين تدور الكويكبات على مسافة حوالي 400 مليون كلم (250 مليون ميل)، قد تصل أبعاد المدارات الأخرى إلى نحو سنة ضوئية أو سنتين، أي أبعد من الكويكبات عن الشمس بنحو 35000 مرة. ولنُسَمِّ أجسام الحشد الآخر، والبعيد جداً، «شبه مذنبات» Cometoids (هذه التسمية هي من اختراعي الشخصي، ولا يستعملها علماء الفلك على ما أعلم).

بالطبع، لم يسبق لعالم فلكي أن أجرى دراسة ـ أو حتى شاهد أياً من «أشباه المذنبات» التي تدور حول الشمس، في مناطقها البعيدة النائية: فهي من البُعد والصِغر، بحيث تعجز كل وسيلة عن اكتشافها. ولا يُستدَلّ على وجودها إلا من خلال وجود المذنبات والدراسة الدقيقة لمداراتها وبنيتها وسِلوكها. ولهذا السبب، أسمّي أجسام ذلك الحشد الافتراضي البعيد، أشباه مذنبات، كَنَحتٍ من كلمة «مذنّب».

إن أشباه المذنبات، والكويكبات، كلاهما أجسام صلبة وصغيرة نسبياً، في مدار حول الشمس. وليست الأولى أبعد بكثير عن مركز النظام الشمسي وحسب، بل يُعتقَد كذلك بأنها الأكثر عديداً. لقد اطّلعت على تقديرات تقول أن عددها قد يصل إلى 100 مليار شبه مذنب ـ أي بمعدل مليون شبه مذنب مقابل كل كويكب.

إلا أن الفوارق في المسافة وفي العدد، لا تشكل ميزة كافية، فلو كانت هذه هي الفوارق الوحيدة، لما استطعنا التمييز بين «شبه مذنّب» وبين «كويكب»، إذا وضعناهما جنباً إلى جنب.

هنـاك فارق مهم، في البنيـة الكيميائيـة، يتوقف مبـاشـرة على الفـارق في المسافة.

لقد تكوّنت أشباه المذنبـات والكويكبـات عندمـا كان النـظام الشمسي في طور تكوينه. بل إنها تكوّنت من سـديم الغبار والغـاز الذي منـه تكوّنت الشمس والكـواكب. ويؤكد علمـاء الفلكِ أن هـذا السـديم كـان في معـظمـه مؤلفـاً من الهيـدروجين والهليوم، مـع خـلائط إضـافيـة من ذرات أخـرى، مثـل الكـربـون والنتروجين والأكسجين والنيون والأرغون والسليكون والحديد.

فـالهيـدروجين والهليـوم والنتـروجين والأكسجين والنيـون والأرغـون ـ هي جميعاً غازات لا تتجمد بسهولـة، حتى مع بُعـدِها الشـاسع عن الشمس. إلا أن الهيدروجين يتفاعل مع الأكسجين لتوليد الماء، ومع النتـروجين لتوليـد النشادر، ومع الكربون لتوليد الميثان. وهذه المواد تتجمد في أجسام صلبة، تشبه الجليـد (أي الماء المتجمد) في مظهرها، وتعرف معاً باسم «جليد».

أمـا العنـاصــر المتبقيـة ـ وهي في حـدود النصف في المئة (0.5%) من المجموع، فتلتئم في معادن ومواد صخرية.

انـطلاقاً من هـذه الاعتبـارات، قـام عـالِم الفلك الأميـركي «فـرد لـورنس ويـپـل» Fred Lawrence Whipple (1906 -) سنـة 1950، بـطرح المفهـوم القائل بأن أشباه المذنبات هي «كرات ثلجية متّسخة»: كتل كبيرة من الجليد (ماء متجمّـد في معظمـه) مع جسيمـات حجريـة ومعدنيـة موزعـة على شكل غبـار، وأحيـانـاً قـطع كبيرة. كمـا يُحتمل، في بعض أشبـاهالمذنبات، وجودصخورصلبة وخامات معدنية.

وقد يبدو من بعض الحسابات، أن شبه المذنّب يتـألف في ثلثيه (2/3) من الجليد، وفي ثلثه الثالث من صخور ومعادن.

وأشباه المذنبات هي كرات ثلجية متسخة، لأنها تكوّنت بعيداً عن الشمس وفي تـزامن مع تكوّن الشمس نفسهـا. كـانت الشمس الفتيـة تصبّ الحـرارة في كـل اتجاه، مصحوبة برياح شمسية عنيفة. فقامت الحرارة بتبخير المواد السهلة التبخر، والرياح الشمسية قـذفت بها بعيـداً إلى الخارج. أمـا الأجسام الكبيـرة، كالمشتري وزحل، تمكنت من الاحتفاظ بالأبخرة الناتجة، نظراً لحقول جـاذبيتها الضخمة، في حين عجزت الأجسام الصغرى، كأشباه المذنبات، عن المقاومة، فلم تتمكن من الاحتفاظ بعناصـر الهيدروجين والهليـوم والنيون التي بقيت غازية

حتى مع الحرارة الضعيفة للشمس البعيدة ـ ولكنها «تمكّنت» من الاحتفاظ بتلك المواد التي تجمّدت في جليد، عند درجة الحرارة المدنية لامتدادات الفضاء السحيقة.

ولكن، لو أن الأجسام الصغرى تكوّنت «على مقربة» من الشمس ـ كحزام الكويكبات مثلاً ـ لاختلفت النتيجة.

فالكويكبات المتكونة في الجوار النسبي للشمس، تتلقى من حرارتها ما يكفي لتحويل كل ما تجمّد من جليد إلى بخار آخر الأمر. وفي الواقع، سوف تكون الحرارة عالية بحيث لا يتكوّن الجليد أصلاً. ثم ان الرياح الشمسية سوف تقذف بكل هذه الأبخرة نحو أطراف النظام الشمسي البعيدة، حيث تسهم عندها في تكوين أشباه المذنبات.

فالكويكبات إذن، مكونة كلياً من الأجزاء الصخرية والمعدنية المتبقية. وهذه القلة القليلة من مواد البناء، هي التي تجعل عدد الكويكبات أقلّ بكثير من عدد أشباه المذنبات، كما تجعلها أصغر حجماً على العموم.

إذن، فالأمر المميز، هو أن الكويكبات مؤلفة من صخور أو معادن ـ أو خليط منهما، مع وجود بعض الجليد بكميات ضئيلة جداً، أو انعدامه كلياً، في حين تتألف أشباه المذنبات من الجليد بشكل رئيسي، مع صخور ومعادن تشكل المواد الغريبة الضئيلة.

ويمكن لعالم الفلك الذي يرصد جسماً صغيراً على مسافة مقرابية، أن يُصنِّفه شبه مذنب أو كويكب، وفقاً لنمط انعكاس النور عليه. فشبه المذنب، الجليدي، يعكس من النور الساقط عليه، نسبة مئوية أكبر بكثير مما يعكسه الكويكب الصخري أو المعدني.

بالإضافة، وبسبب هذا الفارق في التركيب الكيميائي، يحدث لأشباه المذنبات، ما لا يحدث إطلاقاً للكويكبات.

مرة بعد أخرى، تضطرب أشباه المذنبات البعيدة في مدارها المَهيب ذي المليون سنة حول الشمس. وقد يقع اصطدام أحياناً بين شبهَي مذنّب، يُحوّل الطاقة من أحدهما إلى الآخر، فيبطىء الأول ويُسرّع الثاني ـ أو أن قوة جاذبية النجوم الأقرب، تبطىء ـ أو تسرّع ـ سير شبه المذنب، وفقاً لموقع النجوم. فشبه المذنّب الذي ينال مزيداً من الطاقة والسرعة، يُمعِن في ابتعاده عن الشمس،

وقد يضيع منها إلى الأبد، إذ ينطلق في مسار لا نهاية له في فضاء ما بين النجوم. أما شبه المذنّب الذي يفقد من طاقته وسرعته، فيقترب من الشمس، وقد يدخل منطقة تواجد الكواكب الكبيرة.

وقد يؤدي تأثير جاذبية الكواكب البعيدة على شبه المذنّب السائر في جوارها، إلى إلزامه بمدار جديد أساساً ـ مدار يقرّبه من الشمس في أحد طرفيه. حتى أن تأثير الكواكب قد يحتبسه (أو «يروّضه»)، بحيث يبقى مداره كلياً داخل المنطقة الكواكبية من النظام الشمسي. عندها، يصبح مذنّباً ذا «مدى قصير». فبدلاً من دورانه حول الشمس في مدى ملايين السنين، تتضاءل مدة مداره إلى قرن أو نحوه، بل ربما إلى أقل من ذلك.

وأشباه المذنبات، لا تُعمِّر طويلاً مع اقترابها من الشمس ـ على الأقل حسب مقاييس علم الفلك. وسواء اكتسبت أشباه المذنّبات مزيداً من الطاقة فابتعدت عن الشمس، أو خسرت من طاقتها وصارت إلى التلاشي أخيراً في جوار الشمس، فهي لن تكون في حزام أشباه المذنبات. وتشير التقديرات إلى أنه، منذ وجود النظام الشمسي قبل حوالي 4.5 مليارات سنة، فإن الخُمس (1/5) من حشد أشباه المذنبات قد تلاشى. والباقي هو الجزء الأكبر بكثير.

ولنركّز الآن على أشباه المذنبات التي تقترب من الشمس. فعند اقترابها للمرة الأولى، تتعرض لحرارة لم تعرفها عندما كانت بعد في الحشد البعيد. ومع ارتفاع حرارة شبه المذنّب، يتبخّر الجليد، فتتحرر جسيمات غبار الصخور والمعادن، لأن جاذبية شبه المذنّب أضعف من أن تحتفظ بها على سطحه، فتحملها حركة البخار المتصاعد بحيث يُشكّل البخار والغبار نوعاً من طبقة جوية تحيط بشبه المذنّب، وتتألق جسيمات الغبار في ضوء الشمس. ومع اقترابه من الشمس، يُشكّل شبه المذنّب هالة «ذؤابة» Coma مضيئة، توجهها الرياح الشمسية نحو الخلف، على شكل «ذيل».

يتعاظم هذا الذيل في حجمه وتألقه كلما اقترب شبه المذنّب من الشمس، فيبدو ـ إذا كان كبير الحجم وقريباً من الأرض ـ منظراً رائعاً مع ذيله الذي يشكّل قوساً طويلاً في السماء. في هذه الحال فقط، يمكننا أن نشاهد وأن ندرس شبه المذنّب. وهو من الكلمة اليونانية بمعنى «الشَّعر»، لأن الذيل كان يشبه في خيال اليونان، شعر إنسان طويل منفلت، ينسبل إلى الخلف، مع تحرك المذنّب في السماء.

أما الفارق بين «المذنّب» (بدلاً من شبه المذنّب) وبين الكويكب فأشبه بألعوبة أطفال.

فالكويكب هو مجرد نقطة مضيئة في السماء، حتى ولو شوهد بواسطة أفضل مقراب. وهو يبدو كالنجم (ومن هنا اسمه بالإنكليزية asteroid أي شبيه النجم) ولكنه يميَّز عن النجوم بكونه يتحرك أمام خلفية النجوم الحقيقية.

أما المذنّب، فهو جسم أكثر تألقاً بكثير، ضبابي في مظهره وغير منتظم في شكله. والمذنّبات الكبيرة لها ذيل طويل وهي متألقة بحيث تراها العين المجردة. فحتى الصغيرة منها والبعيدة التي لا ترى إلا بالمقراب، تبدو ذات هالة ضبابية، ما لم تكن بعيدة جداً عن الشمس.

مع ذلك، فثمة فارق آخر بين الإثنين: ففي حين أن الكويكب جسم دائم، فإن المذنّب يهرم بسرعة. وقد لا يتّضح الفارق بين مذنب «هرم» وبين كويكب.

وفي كل مرة ينزلق فيها المذنب حول الشمس، يتبخر مقدار كبير من مادته، ويندفع بعيداً - بلا عودة. فهو إذن في كل مرة يمر فيها حول الشمس، أصغر منه في سابقتها، وقد يتلاشى آخر الأمر.

وقد شاهد علماء الفلك حصول ذلك. كانت الحالة الأشهَر، حالة المذنب «بيالا» Biela. وقد سُمّي كذلك لأن مداره عُرِف لأول مرة سنة 1826 على يد أحد هواة علم الفلك النمساويين، «ولهلم فون بيالا» Wilhelm Von Biela (1782 - 1856). كان للمذنب مدار صغير، يبلغ فيه حضيضه الشمسي كل 6.6 سنوات. شوهد سنة 1846، حيث كان قد خسر ما يكفي من المادة لانشطاره نصفين، فظهر مذنّبان بدلاً من مذنّب واحد. وفي العام 1852 ظهر المذنّب المزدوج من جديد، بعيد كل منهما عن الآخر، مع كون الجزء الأصغر باهتاً جداً.

بعد ذلك، لم يُشاهَد المذنّب «بيالاً» أبداً. والظاهر أنه تَبخّر كلياً - بتعبير أكثر إثارة - إنه مات. وقد رصدت بعد ذلك انشطارات واختفاءات أخرى.

إلا أن موت المذنبات، قد يحدث بأشكال أخرى مختلفة. إن أكثرها إثارة، موت المذنّب «بيالا» بالتبخر الكامل. ولكن قد يكون موت المذنّب أهدأ وأبطأ بكثير.

قد يحتوي بعض المذنبات على المزيد من الغبار الصلب، مختلطاً مع

الجليد، وقد لا يكون الغبار متوزعاً بشكل متساو، فالمناطق الكثيرة الغبار نسبياً من سطح المذنب، يتباطأ تبخرها أكثر من تلك المناطق التي يغلب فيها الجليد الأنقى. ولهذا، فقد يذوب سطح المذنّب، بحيث تتكوّن مرتفعات من المناطق الغبارية، تتخللها أودية من المناطق الأفقر بالغبار التي تبخّر منها الجليد. وأحياناً، قد يتشقق أو ينقطع الجزء الأسفل من المرتفعات الغنية بالغبار، فتنهار، وتكشف سطحاً نضراً للتبخر، وبالتالي تألقاً مفاجئاً ومؤقتاً للمذنّب (غالباً ما يُشاهد مثل هذا التألق).

مثل هذه الانهيارات، يساعد على نشر الغبار فوق السطح بشكل عام. وبالإضافة، فإن بعض الغبار الذي يتحرر بعد تبخّر الجليد ويرتفع عن السطح، قد يرتد إلى الوراء فيما المذنّب آخذ في الابتعاد عن الشمس. والغبار أقرب إلى فعل هذا من بخار الجليد.

ومع تقدّم المذنّب في العمر، يصبح سطحه أكثر غباراً. وفي النهاية، يتراكم الغبار في طبقة كثيفة، تغطي الجليد، وتعزله عن حرارة الشمس، فيصبح المذنّب ذا هالة ضئيلة، ومن غير ذيل.

وأفضل مثال للمذنّب الهرِم، هو المذنّب «إنكه» Encke، تبعاً لاسم عالم الفلك الألماني «جوهان فرانز إنكه» Johann Franz Encke (1791 - 1865) الذي كان أول من حسب مداره سنة 1819. والمذنّب «إنكه» هو ذو أصغر مدار معروف، وأقصر فترة دوران، إذ يبلغ الحضيض كل 3 .3 سنوات. وقد رُصِد عن كثب عشرات المرات، كان في كل منها يبدو باهتاً أكثر فأكثر - أي فقط ما يكفي للإشارة بأن الجسم هو مذنّب.

في مثل هذه الظروف، قد يُعمّر المذنّب زماناً طويلاً، ما دام يتبخر ببطء جليده المدفون تحت غطائه الواقي من الغبار الكثيف. في المراحل المبكرة، قد تنفجر بالطبع طبقه الغبار الرقيقة بفعل ضغط الجليد المتبخّر تحتها، فينبعث نفاث بخار وغبار، من الجليد المنكشف حديثاً. وهذا أيضاً قد يسبب تألق المذنب.

إلا أن المذنّب «إنكه» قد تخطى هذه المرحلة.

وحتى المذنب الهرم، لا بد له أخيراً من التخلي عن كامل جليده، أو على الأقل من أن يخفف دفع البخار إلى درجة لا يمكن معها مشاهدته. ويحدث أيضاً أن تبقى في بعض المذنبات، خامات صغيرة من الصخور

والمعادن، بعد تبخّر الجليد بكامله.

فكيف نعرف، والحالة هذه، المذنّب «الميت» (سواء كان يحوي جليداً محجوباً، أو كان خالياً من الجليد)، فنميّزه عن الكويكب؟

الفارق الباقي، هو طبيعة المدار. فمدارات معظم الكويكبات، تقع عموماً بين مدارَي المريخ والمشتري. والأكثر من ذلك، أن هذه المدارات قليلة الاختلاف المركزي، وقليلة المَيل عن الدائرة الظاهرية (أي مستوى مدار الأرض).

أما مدارات المذنبات، فهي كبيرة الاختلاف المركزي بشكل مميّز، كما أنها، عموماً، شديدة المَيل عن مستوى مدار الأرض.

فإذا اكتشفنا كويكبات ذات مدارات كبيرة الاختلاف المركزي والانحراف في المستوى، فقد نحار في كونها كويكباً حقيقياً ـ أو مذنّباً ميتاً.

هنالك مثل هذه الكويكبات المشبوهة، ذات مدارات تقرّبها من الشمس دورياً، بحيث يكون حضيضها أقرب إلى الشمس من كوكب الزهرة. هذه الكويكبات هي «أجسام أپولو» Apollo objects. كان أكثرها إثارة حتى الفترة الأخيرة، الكويكب «ايكار» Icarus، الذي اكتُشِف سنة 1948 على يد عالم الفلك الألماني ـ الأميركي «والتر باد» Walter Baade (1893 - 1960) . كان هذا الكويكب السادس والستين بعد خمسمئة وألف، من الكويكبات، التي تم تحديدها وبالتالي فقد عرف بهذا الاسم: 1566 «إيكار».

يكون «إيكار» في نقطة حضيضه على مسافة 28.5 مليون كلم (17.7 مليون ميل) من الشمس. ويكون الكوكب عطارد على مسافة 45.9 مليون كلم (28.5 مليون ميل) منها، أي أن «إيكار» يقترب من الشمس بمعدل ثلاثة أخماس (3/5) أقرب مسافة يبلغها عطارد. كانت تسمية هذا الكويكب تتلاءم مع شخصية الأساطير (الميثولوجيا) اليونانية «إيكاروس» الذي طار مع والده [ديدالوس] بجناحين من صنعه. اقترب إيكاروس المتغطرس في طيرانه كثيراً من الشمس، فأدّى ذلك إلى ذوبان الشمع الذي يشد ريش جناحيه إلى الهيكل الخشبي، فتهافت الريش، وهوى إيكاروس إلى حتفه.

يصل «إيكار» في أوج مداره إلى مسافة 300 مليون كلم (186 مليون ميل)،

أي داخل حزام الكويكبات، مع اختلاف مركزي في مداره (أي مقياس استطالة المدار)، يبلغ 827 .0، وهو أعلى أوج كويكب معروف حتى ذلك الحين. كما أن مَيل مستوى مداره كبير جداً، إذ يبلغ 23 درجة. وبالتالي، فليس غريباً أن نتساءل ما إذا كان «إيكار» مذنّباً ميتاً.

ثم في تشرين الأول/اكتوبر 1983، اكتشف القمر الاصطناعي الفضائي IRAS الذي يعمل بالأشعة دون الحمراء، كويكباً يتحرك بسرعة غير اعتيادية أمام خلفية النجوم (تبيّن على الفور من هذه الحركة السريعة، انه قريب من الأرض، ورُجِّح كونه واحداً من «أجسام أيولو»).

سُمّي الكويكب أول الأمر «1983 TB» وفقاً لنظام تعريف مشاهدة الكويكبات. ولم تقدّم مشاهدات IRAS الكثير من المعلومات عن الكويكب، ولكنها قدّمت ما يكفي لتتبعه بواسطة المقاريب العادية. فجرى تحديد مداره. وبما أنه كان الكويكب المئتين بعد ثلاثة آلاف من الكويكبات التي تم تحديد مداراتها، فقد أطلق عليه اسم «الكويكب 200 3» (الملاحظ أنه منذ العام 1948، ثم تحديد عدد من المدارات الجديدة، يوازي عدد كل ما تم تحديده خلال سائر السنين قبل 1948 ـ ولعل ذلك يعود إلى اكتشاف الحاسوب أو الكمبيوتر).

والبارز في حال «الكويكب 200 3» هو أنه يكون في حضيضه أقرب إلى الشمس حتى من «إيكار»، إذ لا يبعد سوى 21 مليون كلم (13 مليون ميل)، أي ثلاثة أرباع (3/4) بُعد «إيكار»، وأقل من نصف بُعد عطارد، وسُبع (1/7) بعد الأرض، عن الشمس. وفي الحال سُمّي الكويكب «فيتون» Phaethon، تبعاً لأحد أشخاص الأساطير اليونانية، ابن الإله ـ الشمس، الذي أقنع والده ـ هليوس ـ بأن يسلّمه عنان (قيادة) العربة الشمسية ليوم واحد. ولما كانت يدا «فيتون» تعوزهما تجربة الإمساك بالعنان، فقد انطلقت خيول العربة تعدو في السماء. وخاف «زيوس»(*) Zeus أن يؤدي «فيتون» إلى تدمير الأرض، فضربه بصاعقة قتلته. والواضح، أن «فيتون» اقترب من الشمس حتى أكثر مما فعل «إيكار» في الأسطورة ـ وفي علم الفلك.

يبعد «فيتون 3200» ـ كما يجب أن يسمى الآن ـ في أوجه، 385 مليون كلم (340 مليون ميل) عن الشمس، ابعد بكثير مما هو صحيح بالنسبة إلى «إيكار». ومع

(*) «زيوس» هو كبير الآلهة في الأساطير اليونانية ـ المترجم.

كون حضيضه أقرب، وأوجه أبعد مما في حال «إيكار»، نرى أن مدار «فيتون» أكثر استطالة حتى من مدار «إيكار»، أي أن اختلافه المركزي أكبر، إذ يبلغ 890 .0 وهو رقم جديد عال بالنسبة إلى كويكب؛ أما انحراف مستوى مداره فهو 22 درجة، بالمقارنة مع انحراف مدار «إيكار» الذي هو 23 درجة. يعود «فيتون» إلى حضيضه كل 43 .1 سنة (522 يوماً)، في حين يعود «إيكار» كل 12 .1 سنة (409 أيام).

فهل يكون «فيتون» مذنّباً ميتاً؟

عندما رُصِد «فيتون» لأول مرة بمقراب عادي، كان بعيداً جداً في سيره مبتعداً عن الشمس. وترقّب علماء الفلك ظهوره المقبل، تحت أفضل الشروط، أملاً في أن يرَوا أي رذاذ بخار أو غبار. وفي كانون الأول/ديسمبر 1984، مرّ على مقربة من الأرض، فلم يُلحَظ أي أثر للذؤابة coma. في الواقع، كان يشبه كويكباً حجرياً، حتى انه، لو كان مذنّباً ميتاً، فهو بلا شك مذنّب ميت «جداً».

هل بقي هناك أي سبيل للتمييز بين مذنّب ميت كلياً، وبين كويكب لا يكون مذنّباً على الإطلاق؟

بشكل غير متوقع، أجل. هنالك سبيل - على غرار ما.

مع تقدم المذنبات بالعمر، فإن الغبار المتحرر كجزء من الذؤابة، يستمر في الدوران حول الشمس في مدار المذنّب. وشيئاً فشيئاً، ولأسباب مختلفة، تتوزع جسيمات الغبار على طول المدار، رغم بقاء تركيز أكبر في جوار المذنّب فترة من الزمن على الأقل، أو حيث تكون عادة في حال موت المذنّب بالتبخر الكامل.

مرة بعد أخرى، تخترق الأرض في مدارها مثل هذا الحشد أو الرتل الغباري، فتسخن الجسيمات وتتبخر في الجو، مما يُشكّل التماعات شهابية بمعدل أكبر مما يرى في الليالي العادية

ومرة كل فترة طويلة، تمر الأرض عبر تركيزات كبيرة من هذه الجسيمات فتكون النتيجة سقوط ما يشبه الكِسفات الثلجية المضيئة (ولكنها تتلاشى قبل بلوغها الأرض). وفي ليل 12 تشرين الثاني/نوفمبر 1833، شوهد وابل كبير من مثل هذه النيازك فوق المنطقة الشرقية من الولايات المتحدة، فكان هذا الحدث إيذاناً ببدء دراسة النيازك.

هنالك عدد من «تيارات النيازك» هذه، كما تُسمّى اليوم. وقد حددت

مداراتها، فتبيّن انها تشبه المذنبات في مواصفاتها. وفي بعض الأحيان، قد يكون المذنّب الخاص الذي تُنسب إليه، حياً، ويمكن تحديده. لقد عثر على تيار نيازك يتبع مدار المذنّب المختفي «بيالا». وعندما تدخل جسيماته جو الأرض، تُعرف باسم «بياليدات» Bielids تبعاً لمصدرها.

إذا كان أحد أجسام أپولو مذنّباً ميتاً، أفلا يجوز أن يحتل مكانه تيار نيازك؟ يبدو أن الأمر كذلك، إلا إذا كان موت المذنّب منذ زمن بعيد، حيث الكواكب وأقمارها تقوم بتجميعها عند مرورها بها، أو تتبعثر في الفضاء بشكل ما.

تبيّن فعلاً أن معظم أجسام أپولو لا تترافق مع تيارات نيزكية رغم أن لاثنين منها، «2101 أدونيس» و «2201 أوليجاتو» مدارين قريبين على الأقل من المدارات المعروفة لمثل هذه التيارات.

إلا أن «فرد ويپل» Fred Whipple أشار إلى أن مدار «فيتون» قريب جداً من مدار تيار نيزكي معروف جيداً يدعى «التوأمان» Geminids. والمداران متشابهان إلى درجة تستبعد الافتراض بأنها مجرد مصادفة. وبالتالي، فإذا صح أن أياً من أجسام أپولو هو في الواقع مذنّب ميت، كان «فيتون» كذلك.

وكما في حال أجسام أپولو، يبرز السؤال ما إذا كان من المحتمل أن يصطدم «فيتون» بالأرض. فلو حدث ذلك، لكان كارثة رهيبة، إذ يُقدّر قطر «فيتون» بخمسة كيلومترات (1 .3 أميال). ولكن لحسن الحظ، فإن «فيتون» يخترق مستوى مدار الأرض في نقطة بعيدة إلى الداخل، بحيث يبقى على بعد عدة ملايين من الكيلومترات، حتى في نقطته الأقرب إلى الأرض.

إلا أن تأثير جاذبيات مختلف الكواكب على «فيتون» يتضافر، فيبعد نقطة اختراقه مستوى مدار الأرض عن الشمس. وتشير بعض الحسابات إنه لو استمر هذا الأمر، فسوف يحدث تقاطع المدارين بعد مئتين وخمسين عاماً، ويكون احتمال ضئيل، بأن يصل كل من الأرض، و «فيتون» إلى نقطة تقاطع المدارين في وقت واحد، قبل أن تبتعد نقطة التقاطع نحو الخارج لتحول دون الاصطدام ثانية.

ثم بما أن اقتراب «فيتون» أكثر فأكثر من الأرض، يجعل جاذبيتها تدفعه إلى مدار جديد أقل خطراً على الأرض، فإن احتمال الاصطدام بعيد «كلياً».

[ملاحظة: لقد قام المسبار الفضائي «جيوتو» Giotto بدراسة «المذنّب

هالي» Comet Halley من مسافة قريبة، بعد عـدة أشهر من كتـابة هـذا المقال، فدعم مفهوم الغطاء الغباري. وفي الواقع، كـان المذنّب «هـالي» أسود فـاحماً، بسبب طبقة سطحية كثيفة من الغبار].

القسم الثالث

ما وراء النظام الشمسي

11

نجوم جديدة

في مقدور أي منا أن يجمع لنفسه «سجلاً بالأرقام القياسية» إن هو أراد ذلك. ما هي أطول مدة قضيتها من دون أن تنام؟ ما هي أشهى وجبة طعام تناولتها؟ ما هي أطرف نكتة سمعتها؟

ولست أدري ما إذا كان الأمر يستحق الجهد المطلوب، ولكن بإمكاني أن أذكر لكم، وبكل سهولة، أعظم مشهد فلكي شهدته في حياتي.

إن من يعيش مثلي في مدن الشمال الشرقي الكبرى، لا يتسنى له رؤية الكثير من المشاهد الفلكية. فمع وجود الغبار والأدخنة والأضواء الاصطناعية، سأعتبر نفسي سعيداً إن أنا تمكنت من تمييز «الدب الأكبر» Big Dipper في سماء نيويورك الليلية.

مع ذلك، ففي العام 1925، حصل كسوف كامل للشمس ـ شوهد من مدينة نيويورك ـ بصعوبة. لقد دعي «كسوف الجادة 96» لأنه لم يكن يُشاهَد كاملاً، شمال ذلك الشارع 96 في مانهاتان.

ولكنني كنت أقيم على بعد عشرة أميال تقريباً من ذلك الحد الفاصل إلى الجنوب، أي في الموقع المناسب لرؤية الكسوف الكامل الذي دام فترة قصيرة في جواري. إلا أن المشكلة في هذا، اني كنت آنذاك في الخامسة من عمري،

ولا أستطيع أن أتذكّر عبر حياتي ما إذا كنت قد شاهدت الكسوف أم لا.. «يُخيّل إليّ» انني شاهدته، ولكن قد أكون أخدع نفسي.

ثم في العام 1932 (في شهر آب/أغسطس على ما أظن)، حصل كسوف آخر شوهد من مدينة نيويورك وكان كاملاً بنسبة 95% كانت فترة مثيرة لأن الشمس تضاءلت إلى هلال دقيق رقيق جداً، ووقف الناس في الشوارع، بل على السطوح لمشاهدته (أعتقد أنهم فضّلوا السطوح ليكونوا أقرب إلى الشمس وتكون الرؤية أفضل). كنا جميعاً ننظر من خلال زجاج قاتم، وأفلام فوتوغرافية مظهّرة مما لا يلائم المهمة. ولست أدري كيف لم تعشَ أبصارنا جميعاً. وبكل حال، فقد شهدت «ذاك» الكسوف. كنت في الثانية عشرة من عمري، وأذكره جيداً.

ولكن عندما حدث كسوف في 30 حزيران/يونيه 1973، كنت على متن السفينة كانبرّا Canberra في عرض شواطىء أفريقيا الغربية، ورأيت كسوفاً كاملاً رائعاً، استمر نحواً من خمس دقائق، وكان أكثر ما أثارني فيه، نهايته، إذ برزت نقطة صغيرة من الضوء الساطع فجأة وراحت تتسع في ظرف نصف ثانية، باهرة السطوع بحيث لا يمكن النظر إليها من دون مرشّح. كانت تلك، الشمس العائدة الهادرة، وكان المشهد، أروع منظر فلكي رأيته في حياتي.

ثمة مشاهد أخرى في السماء، قد لا تكون مثيرة كالكسوف الشمسي الكامل. ولكنها أهمّ منه، بالنسبة إلى علماء الفلك ـ بل وحتى بالنسبة إلينا إذا ما فهمناها حق الفهم. هنالك، مثلاً، أشياء تبدو في الظاهر وكأنها نجوم جديدة. إن كسوف الشمس لا يعدو كونه حالة من حالات القمر عندما يمر في مواجهة الشمس، وهو ظاهرة منتظمة، يمكن التنبؤ بها مسبقاً ولفترة قرون من الزمن. أما النجوم الجديدة، فهي ـ

ولكن، فلنبدأ من البداية:

في ثقافتنا الغربية، كان المسلّم به لفترة طويلة، ان السماوات كاملة التكوين، لا تتغيّر. كذلك قال الفيلسوف اليوناني «أرسطو» Aristotle (384 - 322 ق. م.). وانقضى 18 قرناً من الزمان، تعذّر خلالها وجود من هو على استعداد لمناقشة «أرسطو».

ولكن لماذا قال «أرسطو» أن السماوات كاملة لا تتغيّر؟ ذلك لأفضل سبب

ممكن: لقد بدا هذا لعينيه. ومن رأى، فقد آمن.

في الواقع، كانت الشمس تتنقل في مواقعها أمام خلفية النجوم، ومثلها القمر (الذي يمر في أطوار أيضاً). كما كانت خمسة اجرام ساطعة كالنجوم، تبدّل مواقعها، وهي ما نسميه اليوم: عطارد، الزهرة، المريخ، المشتري، وزحل. إلا أن حركاتها كانت أكثر تعقيداً من حركات الشمس والقمر. ولكن كل هذه الحركات، وما يرافقها من أطوار وسطوع، كانت منتظمة تماماً، وكان التنبؤ بها ممكناً. وفي الواقع، لقد «تمّ» التنبؤ بها، عبر وسائل كان علماء الفلك يطورونها تدريجياً، بدءاً من ذلك الشعب اللامع ـ السومريين Sumerians، قبل 2 000 سنة من مولد المسيح.

أما التغيرات غير المنتظمة والتي لا يمكن التنبؤ بها، فقد أصرّ «أرسطو» على أنها ظواهر الطبقة الجوية، وليست ظواهر سماوية. مثال ذلك، الغيوم والعواصف والنيازك والمذنبات. (كان «أرسطو» يعتقد أن المذنبات هي مجرد احتراق غازات في أعلى الطبقة الهوائية ـ وهج مستنقعي علوي).

ومفهوم «أرسطو» للكمال وعدم التغيّر، كان يتلاءم تماماً مع الأفكار اليهودية ـ المسيحية. فبحسب التوراة، خلق الله الكون في ستة أيام، ثم استراح في اليوم السابع، لأنه ـ على ما يبدو ـ لم يبق أمامه أي عمل يقوم به. ومن الكفر الافتراض أن الله سبحانه، أدرك فجأة أنه نسي شيئاً، ليعود إلى عملية الخلق من جديد، بعد انقضاء مدة طويلة على الأيام الستة، فيخلق نجماً جديداً، أو بذلك نوعاً جديداً من الحياة.

بالتأكيد، إن التوراة تصف الله على أنه يتدخّل أبداً في شؤون الكائنات البشرية، ويغضب لأقلّ بادرة، فينزل الطوفان والطاعون، ويأمر «صموئيل» Samuel بإبادة «العماليق» Amalekites، بمن فيهم النساء والأطفال والماشية. . وما ذلك إلا لأن الكائنات البشرية كانت تثير غضبه. وقد تخلّى عن النجوم والأجناس. .

وهكذا، فمع وجود «أرسطو» و «سفر التكوين»، لو رأت شعوبنا ذات التقاليد الغربية، نجماً جديداً في السماء، فسوف ولا شك، يُحوّلون عنه أبصارهم بعصبية، ، ويقررون أنه ما كان ينبغي لهم تناول آخر جرعة من الخمر أو المسكرات، أو أي شيء كانوا يرتشفون. .

ولا يحتمل مع ذلك، أن يعيروا انتباههم لنجم جديد، حتى ولو ظهر.

فقليـل من الناس من ينـظر إلى السماء عن قصـد، أو يُكلّف نفسه أن يحفظ عن ظهـر قـلـب، نمط تشكيلات النجوم، وأن يتـذكر هـذه المجموعـة هنا، أو تلك هنـاك. (هـل تفعلون، أنتم؟) وحتى علمـاء الفلك، الـذين كـانـوا يـرصـدون السمـاوات مهنياً، كـانـوا منهمكين أسـاسـاً بمـدارات تلك الأجسـام السمـاويـة («الكواكب») التي تتحرك بالنسبة إلى سواها: الشمس، القمر، عطارد، الزهرة، المـريخ، المشتـري وزحل. ومن هـذه الحركـات، قـامـوا بتـطويـر ذلـك العلم الكاذب ـ التنجيم، الذي مـا زال يطبـع السذّج من النـاس (أي أكثريـة البشريـة) حتى اليوم.

أما بالنسبة إلى النجوم الأخرى، التي تحتفظ بمواقعهـا فيما بينهـا، فقد لا يزيد الأمر عن ملاحـظة «الدب الأكبـر» Big Dipper أو «مربّـع الفرس الأعـظم» Square of Pegasus وغيـرها من تشكيـلات النجـوم البسيـطة والمتـألقـة نسبيـاً. وبالتالي، فإذا ظهر نجم ما، وأحدث تغيّراً في أحد التشكيلات غير الملحـوظة، فسوف يمر من دون أن يتنبه إليه أحد، باستثناء قلة قليلة. ولن يكون في مقـدور هـذه القلة إقناع الآخـرين بأنـه «حقاً» نجم جـديد. حتى لكـأني أسمـع الحـوار الآن:

ـ أنظر يا هذا، إنه نجم جديد!

ـ أين؟ وما الذي يجعلك تعتقد أنه نجم جديد؟

ـ لم يكن هناك الليلة الماضية.

ـ أنت مخبول!

ـ كلا. صدقاً. أقسم بحياتي أنه نجم جديد.

ـ ثم ماذا؟ حتى وإن كان، فمن يأبه؟

بالطبع، لو ظهر نجم وكان ساطعاً حقـاً، فقد يُـلاحَظ. أن أسطع نجم في السماء هو «الشعرى اليمانية» (سيريوس Sirius) ولكن عدة كواكب تبدو أكثر تألقاً منه، كالمشتري والزهـرة. فإذا كـان النجم الجديـد ذا «سطوع كـوكبي» ـ أي إذا كان ينافس الكـواكب ويفوق في سـطوعه أي نجم عـادي ـ فعند ذلـك يصبح من الصعب تجاهله.

تعـود أول رواية عن مشـاهدة نجم جـديد إلى «هيبـاركوس» Hipparchus (190 - 120 ق. م.) وهـو عالم فلكي يـوناني كـان يعمـل على جـزيـرة رودس. وللأسف، لم يبقَ أي أثر من كتاباته، ولكننا نعـرف ما يكفي من كتـابات علمـاء

لاحقين، بحيث يمكننا الحكم بأنه كان أكبر عالم فلكي في العصور القديمة.

إن أقدم مرجع باق حتى اليوم عن رصده نجماً جديداً، نجده في كتابات الموسوعي الروماني «پليني» Pliny (23 - 79) بعد قرنين من «هيپاركوس». يقول ان «هيپاركوس» اكتشف نجماً جديداً، مما أوحى إليه برسم خريطة للنجوم في السماء.

ويبدو هذا معقولاً بالنسبة إليّ. يبدو أن «هيپاركوس» قد درس نجوم الليل المرئية، كما لم يفعل سوى قلة من الناس، وتمكّن من التعرف إلى نجم معيّن، على أنه نجم جديد دون سواه. والأكثر من ذلك، انه ولا بد، قد تساءل عن احتمال ظهور نجوم أخرى جديدة في السابق، فغابت عن ملاحظته. ولو أنه أعدّ خريطة [للنجوم]، لأمكنه مقارنة أي نجم، حتى ولو بدا مرىياً غامضاً، مع تلك الخريطة، ومعرفة ما إذا كان جديداً (أو قديماً) في الحال.

وعلى الرغم من خريطة «هيپاركوس»، وتحسينها من قبل عالم فلكي يوناني آخر، «كلوديوس بطليموس» Claudius Ptolemy (100 - 170) بعد ثلاثة قرون، لم يتبيّن أي نجم جديد للراصدين الغربيين طوال 17 قرناً بعد «هيپاركوس». كانت هذه المرحلة لصالح «أرسطو» و«سفر التكوين».

ولكن كانت هناك حضارة على الأرض، متقدمة في العلوم، لم تسمع «بأرسطو» أو «بسفر التكوين» إلا بعد انقضاء 15 قرناً. كانت تلك، هي الصين. وبسبب تحررها من النظرة الدينية حول طبيعة السماوات، فقد كانت مستعدة لمشاهدة أي نجم جديد يبدو في السماء (كانوا يسمونها «النجوم الزائرة guest stars).

سجّل الصينيون خمسة نجوم جديدة ذات تألق خاص، بقيت مرئية لفترة ستة أشهر أو أكثر. (بكلمة أخرى: لم تكن تلك «مجرد نجوم جديدة تظهر في أماكن من السماء لم تُرَ فيها سابقاً، بل كانت نجوماً «مؤقتة» كذلك، إذ إنها اختفت آخر الأمر، في حين بقيت النجوم العادية في مواقعها ثابتة ظاهرياً إلى الأبد).

لقد رصدوا مثلاً، نجماً بالغ السطوع في «كوكبة الظلمان» (قنطورس) Centaurus سنة 183. (بالطبع كانت لهم أسماؤهم الخاصة لمختلف مجموعات النجوم، ولكن بإمكاننا ترجمتها إلى مجموعاتنا).

وبحسب الصينيين، كان النجم الجديد عند أوج تألقه، ذا سطوع كوكبي، يفوق في الواقع سطوع الزهرة، واستمر مرئياً طوال سنة. ولكنه كان بعيداً في نصف السماء الجنوبي، بحيث لا تشاهده أوروبا في معظمها. كان يمكن مشاهدته من الإسكندرية، وهي آنذاك مركز العلوم اليونانية، لولا أنها كانت قد فقدت عصرها الذهبي، وكان آخر عالم فلكي يوناني مرموق ـ «كلوديوس بطليموس» ـ قد مات.

وظهر النجم الجديد الثاني المتألق في «برج العقرب» Scorpio، سنة 393، ولكنه كان أقل تألقاً من نجم «الظلمان»، ومن الكواكب. وبقي في تألق «الشعرى اليمانية» (أسطع النجوم العادية) لفترة قصيرة، واستمر مرئياً لفترة ثمانية أشهر. مع ذلك، لم يظهر أي تقرير من أوروبا. فالإمبراطورية الرومانية كانت قد دخلت المسيحية، وعلماؤها يناقشون اللاهوت بدلاً من تفاصيل السماء.

ومرّ نحو من ستة قرون، قبل أن يشير الصينيون إلى نجم جديد آخر، في تألق الكواكب. كان ذلك في «كوكبة الذئب أو السبع» Lupus البعيدة كذلك في السماء الجنوبية، وقد ظهر سنة 1006. كان أسطع نجم رصده الصينيون، ولعله أسطع نجم ظهر في السماء على مدى التاريخ.

وبحسب بعض علماء الفلك الذين يعملون على التقارير الصينية، فقد يكون في أوجه أشد توهجاً من الزهرة بمئتي مرة أي ما يُعادل عُشرَ (1/10) سطوع البدر الكامل. (بما أنه كان مجرد نقطة ضوء، فإن كل التألق المركّز فيه، لا بد وأن يبهر النظر). لم يَدُمْ أوج سطوعه سوى أسابيع قليلة، ولكنه خبا ببطء، فلم يحتفِ عن الأنظار إلا بعد حوالي ثلاث سنوات.

وقد أشار إليه العرب كذلك، الذين أحسنوا استخدام التراث اليوناني، وكانوا طليعة علماء الفلك في الغرب آنذاك. لم يُعثر إلا على تقريرين اثنين مشكوك في صحتهما من السجلات الأوروبية، قد ينطبقان على ذلك النجم، إلا أن أوروبا عندها كانت خارجة لتوها من العصور المظلمة.

ثم سنة 1054 (في الرابع من أيام تموز/يوليو، بحسب بعض التقارير)، ظهر نجم شديد التألّق في «برج الثور» Taurus. لم يكن في قوة تألق النجم الجديد السابق الذي ظهر قبل حوالي نصف قرن، في «برج الذئب»، إلا أنه كان في أوجه أشد سطوعاً من الزهرة بضعفين أو ثلاثة.

استمر في تألقه طوال ثلاثة أسابيع، بما يكفي لرؤيته نهاراً (إذا عرفنا أين

نظر)، حتى أنه كان يلقي ظلًا باهتاً في الليل (كالزهرة أحياناً)، وبقي مرئياً بالعين المجردة لمدة سنتين. كان النجم الأكثر تألقاً الذي رصد في السماء الشمالية بحيث تسهل مشاهدته من أوروبا، فضلاً عن كونه في دائرة البروج (Zodiac)، وهي المنطقة من السماء الأكثر أهمية لدى علماء الفلك في ذلك العصر.

هنالك تقارير صينية ويابانية عن النجم الجديد، سنة 1054، ولكن في الغرب، لا أثر عنه إطلاقاً، رغم كونه عالياً في السماء، وفي دائرة البروج بالذات. وقد عثر في السنوات الأخيرة على مرجع عربي، قد يشير إلى النجم الجديد، حتى أنه عثر أيضاً على مرجع إيطالي، إلا أنهما ولا شك غير هامين نظراً للتوهج المثير الذي أحدثه في السماء.

أخيراً، وفي العام 1181، ظهر نجم جديد داخل «كوكبة ذات الكرسي» Cassiopeia عالياً أيضاً في السماء الشمالية. إلا أنه لم يتألق كثيراً، بل كان أقل سطوعاً من نجم «الظلمان». ومع أن الصينيين واليابانيين أشاروا إليه، فقد مر غير ملحوظ في أوروبا.

لقد ظهرت خمسة نجوم جديدة في مدى ألف سنة، أشار إليها الصينيون بكل أمانة وجدية، ولم يتنبه لها الغرب، إذ كل ما كان لديه، رواية «پليني» عن مشاهدات «هيپاركوس» التي لا توفّر سوى القليل من التفاصيل، (الجدير بالملاحظة استعداد «پليني» لتصديق أي زعم حتى ولو كان مضحكاً) بحيث قد تبدو خرافية في أحسن حالاتها.

ولنُشِرْ مع هذا إلى نجم جديد آخر في العالم القديم، قد يكون أكثر إثارة من التقارير الصينية الخمسة، ومن تقرير «هيپاركوس» السادس.

سنة 1939، اكتشف عالم الفلك الروسي - الأميركي «أوتو ستروف» Otto Struve (1897 - 1963)، أثراً باهتاً لسديم داخل الكوكبة الجنوبية «الشراع» Vela. وبين عامَي 1950 و1952، قام بتتبعها عالم الفلك الاسترالي «كولن س. غوم» Colin S. Gum (1924 - 1960)، الذي نشر اكتشافاته سنة 1955، فتمكن من الإثبات بأنها غيمة سديمية من الغبار والغاز تشغل مساحة تعادل 1/16 من السماء. وقد سمِّيَتْ «سديم غوم» تكريماً له.

ويعرف الآن علماء الفلك أن هذا النوع من غيوم الغبار والغاز هو إشارة إلى أن نجماً جديداً كان قد ظهر سابقاً في مركزها. يبعد مركز السديم عنا حوالي

1 500 سنة ضوئية. ويُعتبَر أقرب من أي نجم جديد اكتُشِفَ في الأزمنة القديمة. (بالطبع، لم يكن للراصدين الأوائل أي مفهوم عن بُعد النجوم الجديدة ـ أو أي نجوم ـ عنّا، ولكن علماء الفلك قادرون على تقدير ذلك حالياً).

وبما أن النجم الجديد في «سديم غوم» كان أقرب بكثير من النجوم الأخرى، فلا بد من كونه أكثر سطوعاً. ويشعر علماء الفلك الآن أنه، في أوج سطوعه، كان يعادل سطوع البدر الكامل، بحيث يبدو للراصد وكأنه قطعة صغيرة من الشمس، انفصلت عنها، وتسمّرت ثابتة في السماء.

ولا بد لأي مشاهد يرى توهج «ذاك» النجم، من أن يلاحظه. ومع ذلك، فلا تقرير عنه من أي جهة. وعلى الرغم من كونه بعيداً في السماء الجنوبية، فقد يبدو من غير المصدَّق أن لا يترك أي أثر.

ولكن لا سرّ في ذلك. فمن حجم «سديم غوم»، ومعدل تمدده، يمكن معرفة الوقت الذي كان فيه ـ كلياً ـ بحجم النجم. كان هذا قبل 30 000 سنة، في العصر الحجري القديم. ولا شك في أنه لوحظ، ولكن لم يكن من الممكن بقاء أي تقرير عنه.

لسوء الحظ. . لقد كانت هذه الظاهرة الفلكية جديرة بالمشاهدة، لولا أنه، خلال فترة أسابيع قليلة، كان يتعذّر النظر إلى النجم على الأرجح، إلا عبر زجاج قاتم أو عبر حجاب من الغيوم.

ولننظر إلى ما حدث بعد العام 1181، عندما ظهر النجم الجديد الخامس، الذي لا نعرف عنه إلا ما أوردته التقارير الصينينة.

لقد مرّ نحو من 400 سنة قبل أن يظهر نجم جديد. في تلك الأثناء، تبدّلت الأمور في أوروبا، فتطورت القارة [الأوروبية] وكانت تتقدم بسرعة في ميادين العلوم والتقانة. وفي العام 1543، نشر العالم الفلكي البولندي «نيقولاوس كوپرنيكوس» Nicolaus Copernicus (1473 - 1543) كتاباً في علم الفلك، يعرض النظرية القائلة بأن الشمس، لا الأرض، هي مركز النظام الكوكبي، وان الأرض هي نفسها كوكب مثل سائر الكواكب الأخرى. وبهذا، بدأ ما نسميه اليوم «الثورة العلمية».

بعد نشر كتاب «كوپرنيكوس» بثلاث سنوات، ولد، «تيكوبراهي» Tycho Brahe (1546 - 1601) في مقاطعة بأقصى جنوب السويد، كانت حينذاك جزءاً

من الدانمارك. وتبيّن أنه أفضل علماء الفلك منذ «هيپاركوس».

نحن الآن في العام 1572. في ذلك الوقت، لم يكن لدى الأوروبيين فكرة عن أي نجم جديد ظهر في السماء، إذا استثنينا احتمال رواية «پليني» الخيالية عن «هيپاركوس». كان «تيكو» يومها (يعرف عادة باسمه الصغير كالعديد من العلماء والفنانين في ذلك العصر، خصوصاً في إيطاليا) في السادسة والعشرين من عمره.

في 11 تشرين الثاني/نوڤمبر 1572، ذُهِلَ «تيكو» لدى مغادرته مختبر عمّه الكيميائي، حين شاهد نجماً جديداً في السماء. كان النجم عالياً وسط كوكبة «ذات الكرسي» المعروفة جيداً، بحيث لا يُحتمَل أن يُخطِئه. وكوكبة «ذات الكرسي» هي على شكل حرف W مائل على جنبه، مؤلفة من خمسة نجوم حسنة التألق، وتعتبر مجموعة مألوفة، شأن كوكبة «الدب الأكبر». ولكنها الآن، تتألف من «ستة» نجوم. . والنجم السادس، الواقع قريباً من جانب شكل الحرف W، أشد سطوعاً بكثير من سائر النجوم الأخرى مجتمعة، بل أشد في الواقع تألقاً من الزهرة، ولكنه لا يمكن أن يكون الزهرة نفسها، لأن هذا الكوكب لا يمرّ في هذه المنطقة من السماء إطلاقاً.

أخذ «تيكو» يسأل كل من يصادفه، ما إذا كان يرى النجم الجديد، لأنه لا يجرؤ على تصديق ما تراه عيناه. (وقد شاهده الجميع). وحاول أن يعرف ما إذا كان موجوداً في السماء الليلة السابقة، إذ لم يتسنّ له النظر إلى السماء منذ فترة. ولكن بالطبع، لم يتمكن أحد من إفادته بهذا الصدد.

في الواقع، يبدو أنه كان ثمة تقرير من عالم فلكي ألماني، «ولفغانغ شولر» Wolfgang Schuler، يشير إلى أنه شاهد النجم قبل أن يشاهده «تيكو» بخمس ليالي. بيد أن «شولر» لم يتابع الأمر، بخلاف «تيكو»، الذي بدأ سلسلة من الأرصاد الليلية، بأجهزة ممتازة صممها بنفسه.

كان نجم «تيكو» الجديد قريباً جداً من قطب السماء الشمالي، وبالتالي لا يغيب أبداً، وبإمكان «تيكو» أن يشاهده ليل نهار، لأنه (وهذا ما أدهش «تيكو») كان شديد التألق بحيث يرى في النهار ـ على الأقل عندما شاهده للمرة الأولى. وعلى الرغم من أن تألقه كان يتضاءل ببطء، بين ليلة وأخرى، فقد انقضت سنة كاملة قبل أن يختفي نهائياً عن الأنظار.

تسـاءل «تيكو» عمـا يجب أن يفعله بخصوص النجم الجـديد، الـذي كان بحسب معلوماته، النجم «الوحيد» الذي ظهر جديداً في السمـاوات، إذا استثنينا إشارة «پليني» المبهمة إلى «هيپاركوس».

وبما أن النجم شكل تبدلاً في السماء، فهـو بحسب رأي «أرسطو» ظـاهرة جوية. وإن كان كذلك، فلا بد انه أقرب إلى الأرض من القمر.

وإذا كان موقع القمر بالنسبة إلى النجوم، محدداً بدقة في فترة معينة، فإنه يبدو من نقطتين متباعدتين على الأرض، في مـوقعَين مختلفَين قليلاً بـالنسبة إلى النجوم القريبة، إذا شوهد من كل نقطة. وهذا هو «اختلاف المنظر» Parallax أو «الموقع الظاهري» للقمر. فإذا عرف الفارق بين الموقعين، والمسافـة بين نقطتي المشاهدة، أمكن حساب بُعد القمر بالمثلثـات. لم يكن ذلك سهـلاً أيام مـا قبل وجود ساعات دقيقة واتصالات سهلة بين مختلف المواقع على الأرض. ولكن تم تـدبّر الأمـر، وعُرِف أن القمـر يبعد حـوالي ربع مليـون ميل (000 400 كلم) عن الأرض.

لم يكن بُعد أي جسم سماوي معروفاً، إذ لم يكن لأي جسم اختلاف في المنظر باستثناء القمر، يمكن قياسه. وبمـا أن بُعد أي جسم يتنـاسب عكساً مـع اختلاف منظره، فقد كان هذا يعني أن سائر الأجسام المـرئية التي ليست ظـواهر لجـو الأرض، هي أبعد من القمـر. أو بشكل آخـر: إن أول جسم يصادفنـا بعد تخطي جو الأرض، في رحلتنا بعيداً عنها، هو القمر. وحتى اليونان الأقدمـون، كانوا واثقين من ذلك.

إذن، فلو كان نجم «تيكو» واحداً من مظاهـر جو الأرض، وأقـرب إلينا من القمر، لكان للنجم الجديد اختلاف في المنظر أكبر من اختلاف منظر القمر، بل وأسهل قياساً.

ولكن ليس الأمـر كذلـك. لقد ذهبت جهـود «تيكو» سـدى، إذ لم يـظهـر للنجم الجديد أي اختلاف في المنظر، أي ان اختلاف مظهره كان أصغـر من أن يقاس، وهذا يعني بـالطبـع انه أبعـد من القمر، أبعـد بكثير. وهـذا ما يـدحض بشكل حاسم، رأي أرسطو في سرمدية كمال السماوات وعدم تغيرها.

كـان «تيكو» يعتبـر نفسه من النبـلاء، شديـد الاعتزاز بـوضعه الاجتمـاعي (رغم أنه قَبِل الزواج من امرأة هي دونه مرتبـة اجتماعيـة، وعاش معهـا في غايـة السعادة الزوجية). وبحكم العادة، فقد يكون رأى من المحط بكرامته، أن يؤلف

أو ينشـر كتابـاً. إلا أن الشعور الـذي غمره حيـال أهميـة ظـاهـرة نجم جـديـد، والـطريقـة التي بهـا تـدحض [رأي] «أرسـطو»، دفعـاه إلى تـأليف كتـاب من 52 صفحة كبيرة، نشر سنة 1573. كان الكتاب يحوي جميع المشاهدات والقياسات التي أجراها عن النجم، وسائر الخلاصات التي تـوصّل إليهـا. وما لبث الكتـاب أن جعلٍ منه أشهر عالم فلكي في أوروبا.

كُتِب الكتاب باللغة اللاتينيـة وهي اللغة العـالمية لعـلمـاء أوروبا في ذلـك الحين، ويحمـل عنوانـاً طويـلاً حسب العرف آنـذاك، إلا أنه يشـار إليه بصيغـة مختصرة: «حول النجم الجديد» De Nova Stella.

وكنتيجة لهذا العنـوان، فإن ذلـك النوع من النجم الجـديد الـذي تحدثت عنـه في هذا المقـال، يشار إليـه عمومـاً بكلمة «نـوڤا»(*) Nova ـ أي الـجـديـد بـاللاتينيـة، وتجمع على Novae، إلا أن عادة الجمع بـاللاتينيـة لم تعد معتمدة، ولذلك فهي تجمع حالياً بإضافة حرف Novas: S.

بعد نجاح «تيكو» المدوي، أخذ علماء الفلك الآخرون بالطبع، يـرصدون السماء بدقة بحثاً عن نجوم جديد (أو Novas).

وعلى سبيـل المثـال، حـدد عـالم الفلك الألمـاني «ديڤيـد فبـريسيـوس» David Fabricius - (1564 - 1617) وهـو صديق «تيكـو»، وجود نجم في كـوكبة «قيطس» Cètus، لم يلحظه من قبل. كان مجرد نجم من المرتبة الثالثـة، أي ذا تـألق وسطي (ان نجـوم المـرتبـة الثـالثة، هي أعتم مـا يمكن مشـاهـدتـه بـالعين المجردة). ويعود الفضل إلى «فبريسيوس» في اكتشاف ذلك.

إن مجـرد كونـه لم يرَ النجم من قبـل، قد لا يعني انـه نجم جديـد Nova (مستعر) في الواقع. فقـد يكون مـوجوداً طـوال الوقت من دون أن يلحـظه. لم يكن على خريطة النجوم (أعدّ «تيكو» أفضل خريطة في حينه) ولكن حتى خريطة «تيكو»، لم تبلغ حد الكمال.

مـع هذا، كـان هنالـك حل ـ لقـد ثابـر «فبريسيـوس» على رصـد النجم، فلاحظ أن تألقـه يضعف من ليلة إلى أخرى، حتى اختفى كليـاً. وهذا مـا جعل منه نجماً جديداً في نظر «فبريسيوس»، فأعلن عنه. غير أنه كان بـاهتاً بحيث لم

(*) تعني كلمة «نوڤا» Nova حالياً في علم الفلك النجم المستعر أو المستسعر.

يُثر أي اهتمام.

كـان عالم الفلك الألمـاني الآخـر، «جـوهـانس كپلر» Johannes Kepler (1571 - 1630) بعد على قيد الحياة. وقد عمل مع «تيكو» الأكبر منـه سناً خـلال سنواته الأخيرة، وأثبت «كپلر» أنه عالم أكبر من «تيكو»، لأسباب تخرج عن نطاق هذا البحث.

سنـة 1604، لاحظ «كپلر» نجماً جـديـداً متـألقـاً في كـوكبـة «الحـوّاء»(*) Ophiuchus. كـان أشد تـألقاً بكثيـر من نجم «فبريسيـوس»، معـادلاً في تـألقـه كوكب المشتري، أي انه لم يكن في تألق نجم «تيكو»، وإن كان ذا تـألق كاف. استمر «كپلر» في رصد النجم ما دام مرئياً، فانقضى عام كامـل قبل أن يغيب عن الأبصار نهائياً.

في هـذا الوقت، كـان علم الفلك عشية ثـورة عارمـة ملحوظـة. فاختـراع المقراب كان وشيكاً، وسرعان ما سوف يساعـد على مشاهـدات لا عهد بهـا من قبل. والأكثر من هذا، ان المقراب سـوف يكون البشيـر السابق لتقـانات أخـرى متقدمة، تزيد بشكل كبير من قـدرة عالم الفلك في دراسـة الكون، إلى أن قمنـا أخيـراً بتـطويـر المقـراب (التلسكـوب) الراديوي ثم مسبـار الكـواكب الحـالي (المركبات الفضائية).

وما أكثر ما سوف تتحسن دراستنا لهذه النجوم الجديدة (المستعرات) عمّـا كانت عليه أيام «تيكو» و «كپلر»!.

ولكن، لسـوء حظ علماء الفلك، إن مستعـر «كپلر» في العام 1604، كـان حقّاً آخر نجم جـديد ظهـر في السماء، بتـألق الكواكب. فمنـذ ذلك الحين ـ لا شيء.

وعلى الـرغم من ذلك، استمـر تقـدم المعـرفـة حـول المستعـرات، كمـا سأشرح في الفصل التالي.

(*) كوكبة الحوّاء والحوِّية وهي مجموعة نجوم في النصف الشمالي من السماء ـ المترجم.

12

نجوم متألقة

طُلِب مني مؤخراً كتابة مقال حول الفلم السينمائي الجديد: Star Trek IV: The Journey Home (عربة النجوم - 4: رحلة العودة)، وتولّت سيدة شابة تعمل لحساب طالبي المقال، الحصول على تذكرتين ـ لها ولي ـ لمشاهدة العرض المسبق للفلم، على أن تخبرني في وقت لاحق، أين ومتى التقيها.

مرت الأيام، ولم أسمع شيئاً عن المشروع. أخيراً، وفي أصبوحة يوم العرض المسبق بالذات، اتصلت بي هاتفياً. ويبدو أن الحصول على التذكرتين كلّفها عناءً كبيراً.

سألتها: «لماذا؟ ألستِ تمثلين مؤسسة إعلامية مهمة، ويجب أن يكون جماعة الفلم في غاية السرور لكتابتي عنه، إذ انها دليل على إعجابي «بعربة النجوم»؟».

فقالت السيدة: «هذه هي المشكلة. عندما رأيت ترددهم في إعطائي التذكرتين، قلت لهم: ألا ترغبون في أن يكتب إسحاق عظيموف عن الفلم؟ فأجابتني الفتاة على الطرف الآخر من الخط: مَنْ هو إسحاق عظيموف؟ ـ «أتتصور»؟»

ضحكت وقلت: «أتصوّر بالطبع.. فأنا أقدّر أن حوالي واحد بالمئة من

الأميركيين قد سمـع باسمي. . ولعلك وقعت على واحـد من الـ 99% الباقين. . ماذا فعلتِ أخيراً؟».

قـالت: «نسخت من المكتبـات قـائمـة بـأسمـاء مؤلفـاتـك ـ بـطول عـدة صفحات ـ وأرسلتها بالتلكس إلى الفتاة، مع ملاحظة صغيرة: «هذا» هو إسحـاق عـظيموف. » وعلى الفـور، اتصلت بي لتقول إن التـذكرتين جـاهزتـان في شباك التذاكر».

وفي الوقت المحدد، ذهبت برفقة السيـدة الشابـة، فوجـدنا التـذكرتين في انتظارنا فعـلاً، ودخلنا نشهـد عرض الفلم (الـذي أعجبني جداً). وعنـدما أخـذ الجالسون في جواري يقدمون إليّ نسخهم من منهاج الفلم لتوقيعها ـ وهـو أمر لا مفـر منـه، قـالت رفيقتي بـاستهجـان غـاضب: «كيـف يمكن لهـذه الفتـاة أن لا تعـرفك؟» فقلت: رجــاء، إنـي أرحب بمثل هـذه الحوادث، فهي تسـاعـد في إبقاء قدميّ على الأرض. .

ولكنيِ مع ذلك، لا أحب أن يتكرر هذا الأمر «كثيراً». وسأثابر على كتابـة مقالاتي، علّ عدد الذين يعرفونني يزداد واحداً أو اثنين.

في المقال السابق، تحـدثت على المستعرات أو «النجـوم الجديـدة» التي تسـطع فجـأة في السمـاوات. وانتهيت إلى مستعـر العـام 1604، الـذي رصـده «جـوهانس كپلر»، مشيـراً إلى أنه كـان آخر مستعـر ظهـر في السمـاوات، بتـألق ينافس تألّق الكواكب، كالمشتري أو الزهرة.

ولنتقـدم الآن. ففي سنة 1609، صمم العـالم الإيطالي «غـاليليو غـاليلي» Galileo Galilei (1564 - 1642) مقراباً فلكياً، بعد سمـاعه إشـاعات مفـادها أن مثـل هذا الجهـاز قد اختُـرع في هولنـدا. وقام بمـا لم يفعله أصحاب المقـراب الأولين: أداره نحو السماوات.

نظر في مقرابه أول الأمر، عبر المجرة (الـدرب اللبني)، فوجـد أن المجرة ليست مجرد ضباب منير، بل إنهـا تجمعات من نجـوم باهتـة، أعتم من أن ترى فردياً بالعين المجردة. وفي الواقع، فـأنّى أدار «غاليليـو» مقرابـه، كان يـزيد من تـألق سائـر النجوم، ويجعـل من الممكن رؤية العـديد منهـا، مما لم يكن يُـرى بالعين المجردة.

ولا يبدو هذا مجفلاً بالنسبـة إلينا. فثمـة مرتبـة واسعة من التـألق للاجـرام

السماوية، بدءاً من الشمس، ونزولاً إلى أعتم نجم مرئي. فلماذا لا تتسع المرتبة بنجوم أشد إعتاماً تتعذر رؤيتها؟ وقد يبدو لنا أن اكتشاف «غاليليو» لا يعدو كونه تأكيداً إضافياً لأمر واضح، قلما يحتاج إلى تأكيد.

إلا أن الأمر لم يكن كذلك في زمن «غاليليو». كان الاعتقاد السائد، إن الله خلق الكون خصيصاً من أجل الكائنات البشرية. فكل ما في الكون مصمم بحيث يجعل الحياة ممكنة، أو ليزيد من رفاه الإنسان وتنمية كيانه وتأهيل روحه، أو على أقل ما فيه، كعبرة ترفع من مستواه الأخلاقي.

ولكن ما الدور المحتمل للنجوم غير المرئية؟

قد يكون الجنوح للوهلة الأولى، إلى الافتراض بأن النجوم التي لا ترى إلا بالمقراب، هي نجوم مصطنعة، وبشكل ما من فعل المقراب نفسه، أي إنها أوهام لا وجود لها في الحقيقة. وثمة حكاية معروفة جيداً بالفعل، يوم اكتشف «غاليليو» أقمار المشتري الكبيرة الأربعة، إذ زعم أحد العلماء أن هذه الأقمار غير موجودة لأن كتابات «أرسطو» لم تأتِ على ذكرها إطلاقاً.

إلا أن استخدام المقراب عَمَّ وانتشر، فصنع العديد منه. والنجوم تلك التي شاهدها وسجلها «غاليليو»، شاهدها وسجلها علماء فلكيون آخرون كذلك. وأصبح من المقبول أخيراً، أن الله خلق بالإضافة، نجوماً لا تراها العين المجردة، ولعل في هذا إشارة أولى إلى أن الهدف الأساسي من خلق الكون، لم يكن بالضرورة من أجل رفاهية الإنسان (وهي نقطة لم أجد في تاريخ العلوم أي تشديد عليها).

كان من واقع الاكتشاف، أن عدّل من نظرة علماء الفلك إلى المستعِرات. فما دام الاعتقاد سائداً بأن النجوم المرئية هي وحدها الموجودة، فإن النجم الذي يُشاهَد حيث لم يكن أي نجم مرئي من قبل، كان يُفتَرض بأنه يولد لأول مرة، أي انه نجم «جديد» (وكما أشرت في الشهر الماضي، فإن معنى كلمة nova باللاتينية هو «جديد»). ومرة أخرى، فعندما يغيب مستعر ما عن النظر، كان المفترض أنه قد امحى من الوجود.

فإذا كان من الممكن وجود نجوم أعتم من أن ترى بالعين المجردة (أي بدون المقراب)، فقد يكون المستعر كذلك موجوداً منذ الأزل، حيث كان أعتم من أن يُشاهَد، ثم سطع فأصبح مرئياً للعين المجردة، وأخذ بعد ذلك يعتم إلى أن غاب أخيراً عن النظر ـ من دون مقراب.

قد لا يكون المستعر نجماً جديداً إذن، بل مجرد نجم ذي تألق غير مستقر، شأن النجوم الأخرى، أي ان المستعر نجم «متغيّر».

وسرعان ما تبيّنت صحة هذا القول، من المستعر الظاهري الذي شاهده سنة 1596، «ديفيد فبريسيوس» David Fabricius (كما أشير في الفصل السابق) ضمن كوكبة «قيطس» Cetus. ففي أوْج سطوعه لم يكن أكثر من نجم متوسط التألق ـ من المرتبة الثالثة ـ ولكنه اختفى بعد فترة. وهذا ما جعل منه مستعراً، أيام ما قبل المقراب.

وفي العام 1638، شاهد عالم الفلك الهولندي «هولواردا أوف فرانيكر» Holwarda of Franeker (1618 - 51) نجماً في نفس الموقع الذي شاهد فيه «فبريسيوس» مستعره قبل 42 عاماً. رأى «هولواردا» المستعر يبهت ويختفي ظاهرياً عن النظر، ثم يعود إلى الظهور أخيراً. إلا أن «هولواردا» كان يتمتع بأفضلية وجود المقراب، وعند رصده النجم، وجد أنه في الحقيقة لا يختفي أبداً. كان يبهت حقاً إلى أن يغيب عن النظر المجرد، ولكنه يبقى مرئياً بالمقراب على الدوام.

كان النجم المتغيّر آنذاك، نجماً ثورياً مثلما كان النجم الجديد (المستعر). أما العقيدة اليونانية القديمة عن سرمدية السماوات التي لا تتغيّر، فقد أفسدها الأول كلياً، كما أفسدها الآخر.

تبيّن أن النجم الذي شاهده كل من «فبريسيوس» و «هولواردا»، كان في أوج سطوعه أكثر تألقاً منه في أقصى إعتامه، بحوالي 250 مرة، متأرجحاً بين هذين الطرفين كل حوالي 11 شهراً، فأطلق عليه عالم الفلك الألماني «جوهانس هيفيليوس» Johannes Hevelius (1611 - 87) إسم «ميرا» Mira (من اللاتينية بمعنى: الرائع) تكريماً لمزيته المدهشة في التغيّر.

كان «ميرا» أول نجم متغيّر يُكتَشَف، ثم اكتُشِفت نجوم أخرى مع مرور الزمن، إلا أن معظم هذه النجوم المتغيّرة، كان أقل تغيّراً من «ميرا».

وفي العام 1667، لاحظ عالم الفلك الإيطالي «جيمينيانو مونتاناري» Geminiano Montanari (1633 - 81) أن «رأس الغول» Algol، وهو نجم في كوكبة فرساوي Ferseus، كان متغيراً، وتغيّره في غاية الانتظام، إذ يتحول من التألّق إلى الإعتام كل 69 ساعة، ويكون في أوج سطوعه أشد تألّقاً منه في أقصى إعتامه، بثلاث مرات فقط.

وفي سنة 1784، اكتشف عالم الفلك البريطاني «جون غودريك» John Goodricke (1764 - 86)، ان النجم «مثلث قيفاوس» Delta Cephei الملتهب، في كوكبة قيفاوس، كان يتغيّر في دورة من 5.5 أيام، إلا أنه في أوج سطوعه، يعادل ضعفي إعتامه.

يُعرَف حالياً العديد من هذه النجوم المتغيّرة، كما يمكن القول ان المستعرات هي نجوم متغيّرة. ولكن نظراً إلى قوة سطوعها، فإن تألقها لا بد وأن يتغيّر بفارق أكبر بكثير مما نجده في النجوم العادية المتغيّرة. وبالإضافة، فبما أن المستعرات كالتي شاهدها «تيكو براهي» و «كپلر»، كانت تبدو مرة ثم تختفي عن الأنظار إلى الأبد، فلا بد من أنها «بالغة» التغيّر.

كل هذا، كان يشير إلى وجود شيء غير مألوف في المستعرات، هو مصدر إحباط بين علماء الفلك، إذ لم يظهر في السماء أي مستعر بعد العام 1604، على الرغم من وجود المقراب.

فحتى المستعرات المعتمة نسبياً، لم تظهر في الواقع (أو على الأقل لم تُشاهَد) لفترة طويلة. ولكن في العام 1848، شاهد عالم الفلك البريطاني «جون راسِل هايند» John Russell Hind (1823 - 95) مستعراً في كوكبة «الحوّاء» الشمالية Ophiuchus، ولكنه لم يبلغ حتى المرتبة الرابعة، وبالتالي، فقد كان نجماً معتماً، ولا بد من أنه لم يُثِر الانتباه أيام كانت قِلّة من علماء الفلك تدرس السماء، وبالقليل من التفاصيل:

لم يكن مستعر «هايند» نجماً متغيراً اعتيادياً، لأنه ـ بعد أن غاب عن الأنظار، لم يعد إلى التألق أبداً. لم يكن هنالك أي دورة للتغيير. وبكلمة أخرى كان «طلقة واحدة»، وهو ما بدا حينذاك الميزة المميزة للمستعرات.

تم اكتشاف ثلاثة أو أربعة مستعرات مشابهة خلال السنوات المتبقية من القرن التاسع عشر. اكتشف أحدها سنة 1891، على يد قس اسكتلندي من هواة علم الفلك، «ت. د. اندرسون» T. D Anderson، وكان من المرتبة الخامسة فقط.

ثم في ليل 21 شباط/فبراير 1901، اكتشف «أندرسون» مستعراً «ثانياً»، وهو عائد إلى بيته إثر واجب اجتماعي، وسُمّي هذا المستعر الواقع في كوكبة فرساوس، «مستعر فرساوس» Nova Persei.

اكتشفه «أندرسون» في وقت مبكر حيث كان بعد متألقاً. بلغ أوج سطوعه

بـالمرتبـة 2 . 0 الأكثر تـألقاً من المـرتبة الأولى. وهـذا ما جعله في تـألق «ڤيغـا» Vega، رابـع النجوم الأكثـر إشراقـاً. ومع كـونه دون تـألّق الكواكب، فقـد كان أسطع مستعر على مدى ثلاثة قرون.

إلا أن بتصرف علماء الفلك اليوم، تقنية التصوير الفـوتوغـرافي، وهذا مـا سهّل اكتشاف أمور في المستعرات، لم تكن ميسورة في السابق.

لقد صُوِّرت منطقة ظهـور مستعر فـرساوس تكـراراً، وبمراقبـة الصور التي أخذت قبل ظهور المستعر، وجـد علماء الفلك في نفس النقـطة التي سطع فيهـا مستعر فرساوس لاحقاً، نجمـاً شديـد الإعتام، من المـرتبة الثـالثة عشـرة. ومن متابعة إعتام مستعر فـرساوس تبيّن أنه يعود أخيراً إلى المرتبة الثالثة عشرة.

خلال أربعة أيـام، تضاعف سـطوع مستعر فـرساوس 000 160 مرة، وعلى مدى أشهر قليلة، تلاشى كل هـذا التألق المتـزايد من جـديد. لقـد كان بـالفعل نجماً في غاية التغيّر، يختلف سلوكه كثيراً عن المتغيرات الأخرى.

والأكثر من هذا، أن التصوير الفوتوغـرافي المطوّل، أظهـر تفاصيـل تخفى عن النظر حتى مع الاستعانة بالمقراب.

بعد حوالي سبعة أشهر من سـطوع مستعر فـرساوس في السمـاء، أظهرت صورة مطولة للنجم بعد أن أمسى معتماً، هالـة ضبابيـة ضوئيـة حولـه، تكبر في الحجم أسبوعاً بعد أسبوع وشهراً بعد شهر. ومن الواضح انه كـان هنالـك غيمة رقيقة من الغبار حول النجم، تعكس الضوء وهي تتمدد. وبحلول العام 1916 أي بعد مرور 15 سنة، أصبحت السحابـة أكثر كثـافة، واستمـرت في تمددهـا خارج النجم في كل الاتجاهات.

بدا واضحاً أن النجم انفجر انفجاراً هـائلاً طـرد الغازات، فـاعتُبِر مستعـر فـرساوس (وافتـراضاً مستعـرات أخـرى) من بين مجمـوعـة النجـوم التي تـدعى المتغيرات «الثورانية» أو «المتفجرة». إلا أن هـذه التسميات، مـع كونهـا وصفية رائعة التصويـر، لم يكن من شأنهـا ـ ولم تتمكن بالفعـل من الحلول محل كلمـة «المستعر» التي تتمتع بقداسة القدم.

وشوهد بالفعل مستعر أشد تـألقاً، من قِبَـل عدة راصـدين، في 8 حزيـران /يونيـه 1918، في كوكبة «العقـاب» Aquila. كان في حينـه مستعراً من المـرتبة الأولى. وبعد يومين، بلغ أوج سـطوعه، بمرتبة ـ 1.1، أي بقـوة تألق الشعـرى اليمانية Sirius، أكثر النجوم تألقاً.

ظهر مستعر العقاب خلال الحرب العالمية الأولى، حين بدأ آخر هجوم ألماني كبير يفقد من زخمه. وبعد خمسة أشهر، استسلمت إلمانيا، فأطلق جنود الحلفاء في الجبهة على مستعر العقاب أسم «نجم النصر».

ومرة أخرى، أمكن رؤية مستعر العقاب في الصور التي أخذت قبل انفجاره. كان في أوج تألقه، أقوى بثلاثة أضعاف من تألق مستعر فرساوس (ولم يُشاهَد أي مستعر بهذا التألق منذ ذلك الحين). إلا أن مستعر العقاب كان أكثر تألقاً منذ بدايته، ولم يتضاعف تألقه سوى 50 000 مرة عند انفجاره.

لقد تم تصوير طيف مستعر العقاب الضوئي قبل أن يصبح مستعراً. وهو حتى اليوم، المستعر «الوحيد» الذي سُجِّل طيفه قبل استعاره. بيّن الطيف انه نجم ساخن، مع درجة حرارة سطحية تعادل ضعفي حرارة الشمس. وهذا أمر معقول. فحتى وإن لم نعرف شيئاً عن تفاصيل الانفجار النجمي، فإنه يبدو منطقياً ان النجم الساخن أكثر احتمالاً للانفجار مما هو دونه في السخونة.

في كانون الأول/ديسمبر 1934، ظهر مستعر في كوكبة «الجاثي» (أو الراقص) Hercules من المرتبة 1.4. لم يكن مستعر «الجاثي» في تألق مستعر فرساوس أو العقاب. ولم يكن ليثير المزيد من الانتباه، لولا انه بعد إعتامه حتى المرتبة 13 التي منها بدأ قبل أربعة أشهر، عاد فجأة للتألق من جديد، فأصبح بعد أربعة أشهر مرئياً بالعين المجردة، ولم يعد إلى المرتبة 13، إلا في سنة 1949.

الظاهر إن النجوم قد تتألق أكثر من مرة. وقد أخذ علماء الفلك يتحدثون من جديد عن «مستعرات معاودة».

آخر مستعر ملحوظ، ظهر في كوكبة «الدجاجة» Cygnus بتاريخ 19 آب /أغسطس 1975. سطع مستعر «الدجاجة» بسرعة غير اعتيادية، ليصبح أشد تألقاً بثلاثين مليون مرة خلال يوم واحد، ويبلغ المرتبة الثانية. ولكنه خبا بسرعة، وغاب عن النظر خلال ثلاثة أسابيع. والظاهر انه كلما كان التألق أسرع وأكبر، كان الإعتام أسرع وأقصى.

بيد أن كل هذه المستعرات التي أشرت إلى ظهورها في عهد المقراب، ليست في أهمية مستعر لم أذكره. وهو مستعر قد يكون في أوج سطوعه متألقاً بحيث يرى بالعين المجردة.

قد يكون هذا المستعر الخاص، الذي ظهـر في كوكبـة «المرأة المسلسـة» Andromeda شوهد لأول مرة في 17 آب/أغسطـس 1885 من قبـل عالم الفلك الفرنسي «ل. غوللي» L. Gully. كـان يختبر مقـراباً تبين أن بـه خللاً، فرأى أن لا داعي لإثارة ضجة حول مشاهدة لنجم جديد، قد لا يكون موجوداً في الواقع.

ولعـل أحد هـواة علم الفلك الإرلنديين «ا. و. وارد» I. W. Ward شـاهد النجم في 19 آب، ولكن مرة أخرى لم تثـر ضجة في حينـه، ولم يقدم اكتشـافه إلا فيما بعد.

أمـا المكتشف الرسمي، فكـان عالم الفلك الألمـاني «أرنست هارتـويـغ» Ernst Hartwig (1851 - 1923)، إذ كانت مشاهـدته الأولى للمستعـر في 20 آب 1885، واعتبر أنه من المرتبة السابعة أو قريباً من السادسة احتمالاً.

إلا أن القمـر كان بـدراً كامـلاً، والرصـد صعباً. فقـرر «هارتـويغ» متـابعة الرصد، قبل إعلان اكتشافه للنجم الجديد. واعترضه (كما يحدث غالباً) أسبـوع من الـطقس الغائم. أخيـراً وفي 31 آب، أرسل تقـريره الـرسمي. وفي الحال، وجّه علماء الفلك الآخرون مقاريبهم نحو كوكبة «المرأة المسلسلة».

كان النجم آنذاك في المرتبة السـابعة. وحتى ذلـك التاريـخ، لم يسبق ان شوهد أي مستعـر بمثل هـذا الإعتام، فلم يُعـرف على حقيقته. كـان يبدو كنجم متغيّر عادي. ويُسمّى النجم العـادي المتغيّر بحسب الكـوكبة التي ينتمي إليهـا، فيعطى حرفـاً استهلاليـاً إضافيـاً، ابتداءً من الحـرف R فما بعـد. وبما أن نجم «هارتويغ» كان النجم المتغيّر الثاني المسجل في كوكبة «المرأة المسلسلة»، فقـد أعطى إسم «S ـ المرأة المسلسلة» (S ـ م م تسهيلاً) S - Andromeda.

ولكن مع نهاية شهر آب، أخذ النجم يخبو بسـرعة، واستمـر يخبو إلى أن بلغ المرتبة الرابعة عشرة بعد ستة أشهر. كان مستعراً رغم شدة إعتامـه، واحتفظ باسمه.

إلا أن «S ـ م م» لم يكن في كوكبة المـرأة المسلسلة تمامـاً، بل في مـركز جسم من الكوكبة يدعى «سديم المـرأة المسلسلة» Andromeda Nebula ـ وهذا يشكل قصة بحد ذاته.

يمكن مشـاهدة هـذا السديم بـالعين المجردة على شكـل «نجم» غائم من المرتبة الرابعة. وقد حدد موقعه بعض علماء الفلك العرب في القرون الوسطى.

كـان أول من شـاهـده عبـر المقـراب سنـة 1611، عـالم الفلك الألمـاني

«سايمون ماريوس» Simon Marius (1573 - 1624) وتبيّن جلياً انه ليس نجماً، إذ لم يكن نقطة ضوء متألقة، بل جسيماً ضبابياً متمدداً، أشبه بسحابة صغيرة في السماء (وتعني كلمة Nebula باللاتينية «سحابة»).

كانت الأجسام الغائمة التي تبدو أكثر أهمية لعلماء الفلك في القرن الثامن عشر، هي المذنبات. إلا أن «سديم المرأة المسلسلة» كغيره من الأجسام المشابهة، «لم يكن» من المذنبات. فالمذنّب يغيّر موقعه في السماء، وكذلك شكله وتألقه، الخ. أما مختلف السُدُم، فهي لا تتغيّر ولا تتحرك. ومع ذلك فقد شوهدت سدم من قبل علماء فلك متحمسين ظنّوا انهم اكتشفوا مذنباً جديداً، ثم تبين أنهم كانوا مخطئين.

كان أهم صيادي المذنبات في القرن الثامن عشر، عالم الفلك الفرنسي «شارل مسييه» Charles Messier (1730 - 1817)، واغتاظ لأنه انخدع على هذا النحو.

ثم أخذ في العام 1784 يعد جدولاً بسائر الأجسام الغائمة في السماء والتي قد يُظن أنها مذنبات. كانت رغبته في أن يقابل كل صياد مذنبات، ما يكتشفه مع الجدول، قبل أن يعلن عن مذنب جديد، وذلك للتأكد من أنه لم ينخدع. ورقّم «مسييه» الأجسام في جدوله (كان يحوي في النهاية 102 منها) وهي تعرف برقمها مع حرف M في أولها (كناية عن «مسييه»).

والأكيد أن «مسييه» ذكر «سديم المرأة المسلسلة» في جدوله. كان في الدرجة الواحدة والثلاثين بحيث يشار إليه غالباً بـ «M 31».

لقد حيّر هذا السديم علماء الفلك. فأكثر ضبابية مألوفة في السماء هي الطبع «الدرب اللبني» (المجرة)، وقد بيّن «غاليليو» انها مؤلفة من نجوم باهتة جداً، تبدو من دون المقراب كضباب مضيء.

يشاهد في السماء الجنوبية قطعتان غائمتان كجزئين منفصلين عن المجرة. وقد شوهدتا لأول مرة من قبل أوروبيين سنة 1519، في سياق رحلة «فرديناند ماجلان» Ferdinand Magellan (1480 - 1521) التي سارت بمحاذاة شواطىء أميركا الجنوبية حتى طرفها الجنوبي الأقصى خلال الرحلة الرائدة حول العالم. وتدعى تلك الرقعتان «سحابتي ماجلان» تبعاً لذلك. وهي أيضاً ترى في المقراب على أنها تجمعات من نجوم باهتة.

ومع أن سديم المرأة المسلسلة كان يبدو مشابهاً للمجرة أو لسحابتي

ماجلان في مظهره، فقد تعذّر اكتشاف مؤلفاً من مجموعة نجوم، عبر أي مقراب خلال القرن الثامن عشر (أو التاسع عشر). فلماذا؟.

أوّل من عبّر عن فكرة مفيدة في هذا الموضوع، كان الفيلسوف الألماني «عمانوئيل كانط» Immanuel Kant (1724 - 1804)، سنة 1755. لقد قدّر أن سديم المرأة المسلسلة ـ كغيره من الرقاع الضبابية الفضائية المشابهة، يتألف من نجوم، ولكنه أبعد بكثير من المجرة ومن سحابتي ماجلان، بحيث تعجز أفضل المقاريب المتوفرة لدى علماء الفلك عن فصل الضباب إلى نجوم. كان يتحدث عن «جزر من الأكوان» (أو الأكوان ـ الجزر).

والواقع انه محق في هذا، محق تماماً. إلا أن الأمر لم يُثر أي اهتمام في عالم الفلكيين. لقد كان متقدماً جداً على عصره. فعلماء الفلك في القرن الثامن عشر، لم يعرفوا بُعد أي نجم، رغم الشعور المتنامي بكون النجوم بعيدة جداً. وأول من تحدث عن أبعاد النجوم بما يعرف اليوم «بالسنوات الضوئية»، كان عالم الفلك البريطاني «إدموند هالي» Edmund Halley (1656 - 1742).

كان علماء الفلك يعيشون عبر التاريخ، داخل كون صغير، يُصوَّر بحجم يكفي لاحتواء ما نسميه اليوم النظام الشمسي ـ كما كان النظام الشمسي يُصوَّر بأصغر مما نعرفه اليوم. ولهذا، كان توسيع أفق المشاهدة إلى السنوات الضوئية أمراً غير مألوف. ولكن عندما تحدث «كانط» عن أبعاد أكبر بكثير حتى من هذا، إلى درجة لا يتسنى معها للمقراب أن يتبيّن النجوم فردياً، كان ذلك فوق الاحتمال.. فارتعد علماء الفلك وانصرفوا عنه.

إلا أن نظرة أخرى، أقل خيالاً وبالتالي أكثر تقبلاً، كانت نظرة عالم الفلك الفرنسي «پيار سيمون دولاپلاس» Pierre - Simon De Laplace (1749 - 1827). فقد اقترح سنة 1798 ان النظام الشمسي كان في بدايته سحابة كبيرة دوامة (دوارة على نفسها) من الغبار والغازات، تكثّفت ببطء، ليتحول مركزها إلى الشمس، وضواحيها إلى كواكب. (كان «كانط» في الحقيقة قد تقدم باقتراح مماثل في نفس الكتاب الذي تحدث عن «الأكوان الجزر»، إلا أن «لاپلاس» أعطى مزيداً من التفاصيل).

اعتقد «لاپلاس» أنه يستطيع دعم الحجة بالإشارة إلى نجم ونظام كوكبي كان واقعياً في طور التكوين، وبدا أن سديم المرأة المسلسلة هو المطلوب تماماً: ففيه التفسير لتألقه. وكان في مركزه نجم آخذ في السطوع وإضاءة

السحابة الضخمة من الغبار والغازات التي ما زالت تحيط به وتحجبه. ولم تستطع المقاريب أن تفصل هذه السحابة إلى نجوم، لأنها لم تكن مؤلفة من نجوم منفصلة، بل من نجم واحد لم يكتمل تكوّنه بعد.

وبسبب اعتماده سديم المرأة المتسلسلة مثالاً، سُمّي مفهوم «لاپلاس» باسم «الفرضية السديمية» (nebular hypothesis).

فإذا كان «لابلاس» على صواب، لن يكون سديم المرأة المسلسلة بعيداً جداً عنا كما يفترض مفهوم «كانط»، بل قريباً دانياً، لأن نظاماً صغيراً كمجرد نظام كوكبي مفرد، لا يبدو بهذا الحجم.

خلال القرن التاسع عشر، تعاظم سديم المرأة المسلسلة باطراد عادي. وتبين من رصد السماوات بمقاريب أكثر فأكثر تطوراً، وجود عدد من السدم المتوهجة، ومع ذلك لم يظهر أي دليل على وجود نجم، حتى مع البحث الدقيق.

أعار عالم الفلك الارلندي «وليام پارسونز» William Parsons (1800 - 67) اهتماماً خاصاً لهذه السدم، ولاحظ في سنة 1845، ان عدداً منها ذو بنيات لولبية، تماماً كما لو كانت دوامات ضوئية واضحة وصغيرة. كان المثال الأكثر إثارة منها، أحد الإجسام المدرجة في جدول «مسييه»، الجسم «M 51» إذ يبدو من جميع أنحاء العالم كدولاب الهواء (لعبة للأطفال). وسرعان ما عرف باسم «السديم الدوّام» Whirlpool Nebula، وأخذ علماء الفلك يتحدثون عن «سدم لولبية» على أنها صنف مألوف من الاجرام السماوية.

ومع تقدم القرن التاسع عشر أصبح بالإمكان تصوير السدم مع إطالة فترة التعريض بحيث تتاح رؤية المزيد من التفاصيل عما يرى بالعين المجردة.

وفي الثمانينات من القرن التاسع عشر، أخذ أحد هواة علم الفلك من مقاطعة «ويلز» بإنكلترا، «إسحاق روبرتس» Isaac Roberts (1829 - 1904) عدداً كبيراً من الصور الفوتوغرافية هذه. وفي سنة 1888، تمكن من الإثبات بأن سديم المرأة المسلسلة هو ذو بنية لولبية، الأمر الذي لم يكن ملحوظاً في السابق، لأن هذا السديم شوهد بشكل طرفي مسطح أكثر بكثير مما في حال «السديم الدوام».

أشار «روبرتس» انه إذا أظهرت الصور المأخوذة للسدم على التتالي خلال

سنين متواصلة، أن هذه السدم تدور بسرعة يمكن قياسها، فلن تكون بعيدة عنا. ذلك ان أي جرم في بُعد «الأكوان ـ الجزر» التي تحدث عنها «كانط»، يستغرق ملايين السنين قبل أن تظهر عليه تغيرات يمكن قياسها. وفي العام 1899، أعلن «روبرتس» أنه شاهد تغيرات دورانية في صوره المتعددة لسديم المرأة المسلسلة.

ثم انه في سنة 1899 أيضاً، صوّر الطيف الضوئي لذاك السديم (لأول مرة)، فتبيّن أن له جميع خصائص ضوء النجوم التي قد تدل على تكوّن نجم في داخله.

وبين الادعاءات المعلنة بأن سديم المرأة المسلسلة كان يدور بشكل مرئي ظاهر، وبين طيفه الضوئي الشبيه بطيف النجوم، بدا أن القضية قد سوّيت.

وفي العام 1909، أصرّ العالم الفلكي البريطاني «وليام هوغنز» William Huggins (1824 - 1910) أن لا مجال للشك في كون سديم المرأة المسلسلة نظاماً كوكبياً في مرحلة تطوره الأخيرة.

بيد أن نقطة صغيرة بقيت من دون حل، وهي موضوع S ـ المرأة المسلسلة» (S ـ م م) وهو موضوع سوف نتناوله في الفصل التالي.

13

نجوم منفجرة عظمى

في الأسبـوع الماضي، أخـذتني زوجتي العزيـزة جـانيت إلى مبنى أثـري قـديم من أيام الاستعمـار، هنا في مـانهاتـان. ولم أكن أتصور بقـاء تلك التحفة على هذه الجزيرة، إلا أنها كانت بالفعل. دفعنا مبلغـاً زهيداً (تستحقـه)، ووقعنا على سجل الزوّار، ثم أجالتنا في أنحـاء القصر امـرأة في غايـة اللطف. وعندمـا أشرفنا على نهاية الـطواف، اقتربت منـا امرأة أخـرى بحياء. كـانت تحمل كتبـاً ورقية الغلاف، من روايات «المؤسسة» الثلاث الأولى (أعرف كتبي من أي طبعـة لمجرد رؤيتها).

قالت: «دكتور عظيموف؟»

قلت: «أجل، سيدتي».

قالت: «إن ابني شديد الإعجاب بكتـاباتـك. وعندمـا رأيت توقيعـك على سجل الزوار، ناديته وقلت إنك، على ما أعتقد، موجود في المكان، غير اني لا أعرفك شخصيـاً. فقال لي: هـل هنالـك أي إنسان ذي سـالفيـن خديين أبيضين كبيرين؟ قلت: أجل. قال: إنه الدكتور عظيموف. ثم جاء بهذه الكتب».

وهكذا، فقد وقّعت عليها.

دائمـاً ما أقـول ان لي ثلاث «عـلامات تجـارية»: ربـطات عنقي الطويلة،

ونظاراتي ذات الإطار القاتم، وسالفاي الخدّيان الأبيضان. على أن كل إنسان قد يحمل ربطة عنق طويلة ونظارات ذات إطار قاتم. أما السالفان الخدّيان الأبيضان، فهما في الحقيقة ما يجعلني مختلفاً [عن الآخرين]، ذلك لأنه يندر أن نجد بين الناس من يهتم لمثل هذه الزخارف في الوجه.. ولحسن الحظ اني انبساطي (*) وغير خجول، ولا أخشى أن أُعرَف، ولهذا فلست أنوي حلقهما..

وللمصادفة، كنت أثناء الحادثة على أهبة كتابة هذا المقال، إكمالاً للموضوع الذي كنت أعالجه في المقالين السابقين، وسأناقش بالتالي موضوع نجم فضح بمعنى ما، سديم المرأة المسلسلة.. تماماً كما فضحني سالفاي الخديان..

ولأشرح -

أشرت في الفصل السابق إلى أنه في بداية القرن العشرين، قام جدل حول سديم المرأة المسلسلة: كان هنالك من يرى أنه مجموعة هائلة ونائية من النجوم غير المرئية فردياً، تقع بعيداً جداً خارج مجرتنا. وإذا كان الأمر كذلك، يكون سديم المرأة المسلسلة (سديم / م م) بلا شك، واحداً من أجسام مشابهة، أي ان الكون بالتالي، أوسع بكثير مما كان في نظر علماء الفلك عند مطلع القرن العشرين.

وكان هنالك آخرون يرَون أن مجرتنا (مع سحابتي ماجلان) يشكلان الكون في معظمه، وان «سديم / م م» وسائر الأجسام المشابهة، ما هي إلا غيوم صغيرة نسبياً وقريبة، من الغبار والغازات، داخل مجرتنا. حتى ان بعضهم أشار إلى أن مثل هذه السدم، يمثل أنظمة كوكبية فردية في طور التكوّن.

وفي الجدل بين «السدم البعيدة» و «السدم القريبة» (وهي تسميتي لكل من الفريقين) بدا أن كفّة جماعة «السدم القريبة» هي التي رجحت. كان البرهان الرئيسي، تلك الصور الفوتوغرافية لسديم / م م، التي أُخِذت على مدى سنين، وأظهرت أنه يدور بسرعة يمكن تحديدها. فلو كان بعيداً خارج مجرتنا، لكانت أي حركة تبدو ضئيلة بحيث يستحيل قياسها. وبالتالي فإن اكتشاف أي حركة يمكن قياسها، يعني ان الجسم المشار إليه قريب منا.

(*) الانبساطي هو من يصرف اهتمامه إلى كل ما هو خارج عن ذاته.

وهـذا يترك معضلة من دون حـل. فكما شـرحت في المقال السـابق، لقد ظهـر نجم خلال شهـر آب 1885 في «سديم / م م وأشيـر إليه بـاسم S ـ المـرأة المسلسلة» (S ـ م م) وبما انه ظهر حيث لم يرصد أي نجم مكانه من قبل، وبما أنه أصبح أعتَم من أن يرى، بعد سبعة أشهر، فهـو مستعر؛ بـل إنه أعتم مستعـر اكتُشِف على الإطـلاق. لأنه، حتى في أوج سـطوعـه، لم يتجـاوز الحـد الأدنى المرئي بالعين المجردة، بل قد لا يكون اكتشف لولا أنه ظهـر في وسط الضباب الفارغ، من «سديم / م م».

لم يُعِـرْه أحد اهتمـاماً كبيـراً في حينه. ولكن مـع احتـدام النقـاش حـول «سـديم / م م»، احتلّ «S ـ م م» درجـة مركـزيـة. فـإذا كـان المستعـر مـوجـوداً «داخل» السديم، فمن غيـر المحتمل أن يكـون السديم مجـرد سحابـة من الغبار والغاز، بل يُـرجّح أن يكـون حشداً Cluster من نجـوم شديـدة الإعتام، انفجـر أحـدها فتـألق بحيث يرى في المقـراب. وهذا يشكـل دعماً قـوياً لصـالح نـظرة «السدم البعيدة».

إلا أن العـائق في هذه النـظرة، عدم وجـود وسيلة للإثبـات بـأن المستعـر «S ـ م م» هو في الواقع جزء من السديم. فقد يكون مجرد نجم يقـع في «اتجاه» السديم، ولكنه أقرب بكثير إلينا من ذلك السديم. وبما اننا لا نرى السماء بثلاثة أبعاد، فإن المستعر «S ـ م م» القريب منا، قد يبدو لأعيننا جزءاً من السديم، في حين انه ليس منه.

ولكن إذا كان «سديم / م م» قريباً نسبيـاً، وكان المستعـر «S ـ م م» أقرب منه، فلماذا يبدو معتماً إلى هذا الحد؟

ولِمَ لا؟ هناك العديـد من النجوم القـريبة المعتمـة. فنجم «بارنـارد» Barnard's star لا يبعد سوى ست سنـوات ضـوئيـة (وحـدهـا منـظومـة «الـظلمـان» قنطورس Alpha Centauri أقرب منه) ومع ذلك لا يمكن رؤيتها إلا بـالمقراب. حتى ان أحـد نجوم نـظام الظلمـان نفسه، «ألفـا قنطورس - C»، أو «الـظلمـان القريب» Proxima Centauri (المكتشف سنة 1913) وهو أقرب النجوم المعروفة إطلاقاً، أعتم بكثير من أن تراه العين المجردة.

هنالك إذن العديد من النجـوم المعتمة، وقـد يكون «S ـ م م» واحـداً منها قليل التألق حتى عنـدما أصبح مستعراً ـ وهكـذا بقيت كفة «السـدم القريبة» هي الراجحة.

ثم كان العام 1901، حيث سطع، كما أشرت في الفصل السابق، مستعر «فرساوس»، أشد المستعرات ألقاً خلال ثلاثة قرون. وأظهر المقراب سحابة من الغبار والغاز حوله (نتيجة لانفجار النجم)، وبدت دائرة من النور تتسع نحو الخارج مع الزمن. وظنّ علماء الفلك انه الضوء الخارج من النجم والذي ينير الغبار أبعد فأبعد. كانت سرعة الضوء الحقيقية معروفة، ومن السرعة الظاهرية لانتشار الضوء نحو الخارج، كان من السهل تقدير بُعد المستعر. وتبيّن أن مستعر فرساوس يبعد حوالي 100 سنة ضوئية.

وهذا لا يعتبر بعيداً جداً، أي حوالي 25 مرة بُعد أقرب النجوم. ولا عجب أن يبدو مستعر فرساوس ساطعاً.

ولكن ماذا لو أن المستعرات جميعها، بدت عند انفجارها، بهذا التألق؟ قد تبدو جميعاً متساوية في تألقها الظاهري لو أنها على مسافة واحدة. ولكن بما أن أبعادها كبيرة التفاوت فإن أكثرها تألقاً، يكون الأقرب.

في هذه الحال، إذا كان المستعر «S ـ م م» قد بلغ في أوج سطوعه، تألق مستعر فرساوس، وبدا معتماً إلى هذا الحد بسبب بُعده الشاسع، يمكن عندها قياس هذا البعد. ثم إذا لم يكن «S ـ م م» في الحقيقة جزءاً من «سديم/م م»، فإن هذا يعني ان السديم أبعد مما هو عليه، وبكثير.

وهنا، أشرقت نظرة «السدم البعيدة»، ولكن.. قليلاً. فهذه الحجة ترتكز على أساس متزعزع جداً. إذ بأي حق نفترض أن جميع المستعرات تبلغ درجة واحدة من التألق؟ ليس ما يلزم على هذا الافتراض. كان من المعقول أيضاً، القول بأن النجوم المعتمة، تولد مستعرات معتمة، وإن المستعر «S ـ م م» كان نجماً باهتاً. وقد يكون أقرب من مستعر فرساوس ومع ذلك يبقى أشد إعتاماً، حتى في مرحلة استعاره.

وبقيت كفة «السدم القريب» راجحة.

إلا أن أحد علماء الفلك الأميركيين بقي على تشبثه العنيد بنظرة «السدم البعيدة» رافضاً التسليم بهذه الحجة الأخيرة.

كان هو «هيبر دوست كورتيس» Heber Doust Curtis (1872 - 1942). بدأ حياته الأكاديمية بدراسة اللغات، فأصبح أستاذ اللاتينية واليونانية. كان في الكلية التي يُدرِّس فيها مقراب، شغف به «كورتيس»، ثم بعلم الفلك الذي لم يدرسه في المدرسة أبداً. وفي العام 1898، تحوّل في اختصاصه فأصبح عالماً

فلكياً ونال شهادة الدكتوراه في هذا الموضوع سنة 1902.

في العام 1910، أكبّ على دراسة صور المستعرات، وبالطبع، دخل في الجدل القائم حول «السدم القريبة» أو «البعيدة» خارج المجرة.

كان أحد الأدلة التي تدعم كون السدم جزءاً من مجرتنا هو التالي: لو كانت [السدم] خارج المجرة، لكانت موزعة في السماء بدون أي تمييز، إذ ليس هنالك ما يجعل وجودها في اتجاه معيّن سواه لكن السدم كانت تكتشف بأعداد متزايدة كلما ابتعد الرصد عن خط المجرة. قيل في هذا انه يُرجّح كون السدم جزءاً من المجرة ما دامت الأجسام في داخلها قد لا تتكون قرب الدرب اللبني، لسبب أو لآخر، في حين أن الاجرام خارج المجرة، لا مبرر لتأثرها، بشكل أو بآخر، من بعض مظاهر داخل مجرتنا.

إلا أن «كورتيس»، بتصويره مختلف السدم، لاحظ أن العديد منها يحتوي على غيوم داكنة تقع في محيط كتلتها التي غالباً ما تكون على شكل قرص مسطّح.

بدا لـ «كورتيس» أن الحتار (المحيط) الخارجي لمجرتنا (يشار إليها بالدرب اللبني)، قد يشتمل كذلك على غيوم كثيفة دكناء. وفي الواقع شوهد عدد منها في الدرب. فقال «كورتيس» إن السدم موزعة فعلاً بالتساوي في السماء، إلا أن الغيوم الداكنة في الدرب اللبني، تحجب العديد منها، «يبدو» أن البعيد منها عن المجرة، أكبر عدداً من القريب.

وإذا كان الأمر كذلك، فإن الدليل الخاص حول كون السدم جزءاً من مجرتنا، يسقط.

وبذلك قويت نظرة «كورتيس» حول كون «المرأة المسلسلة» بعيدة.

ثم أخذ يفكر على هذا الأساس ـ كان «سديم /م م» أكبر السدم وأسطعها (بعد سحابتي ماجلان التي هي خارج مجرتنا وتشكل ـ إذا صح التعبير ـ أقماراً لها). وباستثناء سحابتي ماجلان، كان «سديم /م م» هو الوحيد المرئي بالعين المجردة. وهذا يُرجّح كونه أقرب السدم خارج سحابتي ماجلان، والأكثر احتمالاً في منح علماء الفلك تفاصيل مهمة.

فإذا كان «سديم /م م» مجموعة نجوم نائية البُعد بحيث لا ترى نجومها فردياً، فإن هذه النجوم سوف تكون مع ذلك أقرب احتمالاً للرؤية من نجوم أي سديم آخر. وبالتالي، فإذا سطع أحد نجوم سديم المرأة المسلسة كمستعر، فقد

يصبح مرئياً. وهذه هي حال المستعر «S ـ م م». إلا أن هذا قد لا ينطبق على السدم الأبعد، حيث النجوم الفردية تكون معتمة للغاية، ويصعب مشاهدتها، حتى ما كان مستعراً منها.

قام «كورتيس»، اعتباراً من العام 1917، بسلسلة من الارصاد لسديم المرأة المسلسلة، علّه يجد مستعرات أخرى، فنجح في ذلك. وجد عشرات من النجوم التي تظهر ثم تختفي. لم يكن ثمة شك في كونها مستعرات، إلا أنها كانت معتمة بشكل مذهل، فلم يتمكن إلا بشق النفس من مشاهدتها عبر المقراب. وهذا ما كان ينبغي توقعه إذا كان «سديم / م م» بعيداً جداً.

ولكن، هل يحتمل أن «كورتيس» كان يشاهد مجرد مستعرات شديدة الإعتام، في اتجاه ذلك السديم، دون أن يكون أي منها «في داخله»؟ إذا كان الأمر كذلك، فقد لا يتعدى السديم كونه سحابة من الغبار والغاز.

إلا أن هذا لم يكن وارداً بالنسبة إلى «كورتيس»، إذ لا وجود في أي مكان آخر من السماء، لمثل هذا الحشد من المستعرات المعتمة داخل منطقة صغيرة، كالمساحة التي يشغلها «سديم / م م». وفي الواقع، كان هنالك عدد من المستعرات التي تُشاهَد باتجاه السديم، أكبر من كل ما في باقي السماء مجتمعاً. وبكل بساطة، لم يكن ثمة مبرر لهذا، لو كان «سديم / م م» مجرد سحابة تافهة من الغبار وألغاز.

كان التفسير المنطقي الوحيد ان المستعرات هي داخل «سديم / م م»، وإن عددها الضخم مجرد انعكاس لأعداد النجوم الأكثر بكثير والمتواجدة هناك. وبكلمة أخرى، كان «سديم / م م» مجرة مثل مجرتنا، وفي هذه الحال، لا بد وأن تكون بعيدة بعداً شاسعاً، يُفسّر الإعتام المفرط في مستعراتها.

وأصبح «كورتيس» الناطق البارز باسم أصحاب فكرة المرأة المسلسلة البعيدة.

ولكن، ماذا عن المشاهدة الرئيسية التي دعمت فكرة السدم القريبة؟ أي أن «سديم / م م» شوهد وهو يدور. كان ذلك يرتكز على مشاهدات خلال القرن التاسع عشر، قد تكون موضع شك، إلا أن الرصد تحسن مع بداية القرن العشرين.

خلال الوقت الذي كان فيه «كورتيس» يكتشف مستعرات في سديم المرأة المسلسلة، كان أحد علماء الفلك الهولنديين «أدريان ڤان مانن» (1884 - 1946)

Adriaan van Maanen يرصد السُدُم بكل عناية. ويدقق في دورانها الظاهري. كان يعمل بتجهيزات متطورة، ويقوم بمشاهدات أفضل مما قام به أسلافه. وأفاد أنه اكتشف تماماً معدل دوران في «سديم / م م» يمكن قياسه، كما في العديد من السدم الأخرى.

كان هذا يؤدي إلى ما يلي:

إذا كان «كورتيس» قد اكتشف حقاً، مستعرات معتمة في سديم المرأة المسلسلة، فلن يكون باستطاعة «ڤان مانن» أن يكتشف سرعة دوران صغيرة جداً للسديم.

وإذا كان «ڤان مانن» قد اكتشف حقاً دوران السديم، فلا يمكن أن يكون «كورتيس» قد اكتشف العديد من المستعرات المعتمة فيه. كلٌ من المشاهدتين مانع للآخر. فاياً منهما نُصدّق؟

لم يكن بالإمكان اتخاذ قرار واضح. كان كل من «كورتيس» و «ڤان مانن» يرصد شيئاً على حدوْد المشاهدة القصوى. وفي كل من الحالين قد يؤدي أي خطأ تافه في الأجهزة أو في تفكير الراصد، إلى إفساد الرصد كلياً. وهذا صحيح خصوصاً وان كلاً من الإثنين، كان يرصد شيئاً يتمنى اكتشافه وهو واثق من هذا الاكتشاف. فحتى أنزه العلماء وأكثرهم تزمتاً، قد يميل إلى رؤية ما هو غير موجود، إذا كان مدفوعاً بالعاطفة إلى اكتشافه. وبما أن واحداً من الإثنين سوف يكون، وحده، على صواب، فلم تكن هناك أي وسيلة للجزم بكون أي منهما على حق.

كان أحد أبرز علماء الفلك الأميركيين آنذاك «هارلو شاپلي» Harlow Shaply (1885 - 1972)، وهو الذي حدد اتساع مجرتنا (ولو أنه بالغ في تقديره بعض الشيء) وبيّن أن شمسنا ليست في مركزها بل في أطرافها.

قد يكون «شاپلي»، موسّع المجرة، لا يستسيغ فكرة احتواء الكون على عدد كبير من المجرات، التي تجعل مجرتنا تافهة من جديد. ولكن من الصعب وربما غير المنصف، أن نتذرع بدوافع نفسية. كان لدى «شاپلي» مع ذلك أسباب موضوعية لترجيح فكرة المرأة المسلسلة القريبة.

و «شاپلي» صديق حميم وقديم لـ «ڤان مانن»، وشديد الاعجاب بأعماله الفلكية. فمن الطبيعي إذن، أن يتقبّل مشاهدات «فان مانن» حول دوران سديم المرأة المسلسلة. وكذلك فعل علماء الفلك في معظمهم، وهكذا وجد

«كورتيس» نفسه مع الأقلية.

وفي 26 نيسان/أبريل 1920، جرت مناظرة علنية شاملة بين «كورتيس» و«شابلي» حول الموضوع، أمام قاعة حافلة في الأكاديمية الوطنية للعلوم. وبما أن «شابلي» كان أشهر من مناظره، فقد اعتقد علماء الفلك الحاضرون، أنه لن يجد صعوبة في إثبات نظرته.

إلا أن «كورتيس» كان محاوراً بارعاً أكثر من المتوقع، فتبيّن أن مستعراته، في إعتامها وأعدادها، كانت حجة قوية مذهلة.

موضوعياً، كان من الممكن اعتبار المناظرة معلقة أو متساوية. إلا أن عدم انهزام «كورتيس»، ومقاومته الصلبة للبطل، اعتبرت بمثابة انتصار معنوي له. وتنامى شعور بالنتيجة بأن «كورتيس» ربح المناظرة.

وبالفعل، فقد استمال عدداً من علماء الفلك إلى فكرة «السدم البعيدة»، إلا أن المواضيع العلمية لا تُحلّ بمجرد تفوّق في المناظرة. فلا مشاهدات «كورتيس»، ولا مشاهدات «ڤان مانن» كانت حاسمة بحيث تضع حداً للجدل. كان لا بد من شيء آخر: برهان جديد أفضل.

أما الذي قدّم هذا البرهان، فهو العالم الفلكي الأميركي «إدوين پاول هابل» Edwin Powell Hubble(1889 - 1953). كان في تصرفه مقراب عملاق جديد، ذو مرآة بقطر 100 إنش (2. 5 متر) وهو المقراب الأبعد مدى في العالم حتى ذلك الحين. وُضِع قيد الاستعمال سنة 1919، وفي العام 1922، أخذ «هابّل» يستخدمه في أخذ صور مطوّلة التعريض لسديم المرأة المسلسلة.

في 5 تشرين الأول/أكتوبر 1923، اكتشف في إحدى هذه الصور الفوتوغرافية، نجماً يقع في ضاحية «سديم/ م م». لم يكن النجم مستعراً. وتتبعه «هابّل» يوماً بيوم، فتبيّن أنه نوع مما يعرف بـ «متغيّر قيفاوس» الملتهب Cepheid variable. ومع نهاية 1924، كان «هابّل» قد اكتشف 36 نجماً متغيراً ومعتماً جداً في السديم، 12 من أصلها «قيفاوية». كما اكتشف 63 مستعراً، أشبه بما اكتشفه «كورتيس» من قبل، مع فارق أن «هابّل»، بمقرابه الحديث، تمكن من رؤيتها بشكل أوضح، لا يقبل الخطأ.

لاحظ «هابل» ـ تماماً كما فعل «كورتيس» ـ أن كل هذه النجوم الواقعة في اتجاه «سديم / م م»، لا يمكن أن تكون جميعاً في الفضاء الذي يفصلنا عن

السديم، بل يجب أن تكون داخل السديم الذي هو، بالتالي، مجموعة ضخمة من النجوم.

لقد ذهبت مكتشفات «هابل» إلى أبعد من مكتشفات» كورتيس»، وبشكل حاسم. فالنجوم «القيفاوية»، يمكن استخدامها لتحديد المسافات (وهي التقنية التي استخدمها «شابلي» بمنتهى الفعالية، في قياس أبعاد مجرتنا). لقد استخدم «هابّل» هذه التقنية بالذات، لنسف موقف «شابلي» في موضوع سديم المرأة المسلسلة، لأنه تبيّن من النجوم القيفاوية التي اكتشفها، أن «سديم / م م» قد يكون على بعد 750 000 سنة ضوئية. (في الواقع، قام عالم الفلك الألماني ـ الأميركي «والتر باد» Walter Baad (1893 - 1960) سنة 1942، بتحسين تقنية القياس عن طريق تلك النجوم، فأثبت أن البُعد الحقيقي لـ «سديم / م م» هو 3 .2 مليون سنة ضوئية).

بهذا، أصبح انتصار فكرة «سديم / م م البعيد» حاسماً. كانت مشاهدات «ڤان مانن» خاطئة لسبب ما (ربما لخلل في الأجهزة). ولم يشاهد أحد بعد ذلك، أي دوران في سديم المرأة المسلسلة يمكن قياسه. وفي الواقع، فمنذ عهد «هابل» وصاعداً، سميت تلك البنية «مجرة المرأة المسلسلة»، كما سميت السدم الأخرى، «الخارجة عن المجرة»، مجرات.

ولكن بقيت مسألة من دون حل. تذكرون أن المستعر «S ـ م م» كان القضية المعيقة التي جعلت علماء الفلك في تساؤل حول سديم المرأة المسلسلة. لقد ألقى ذلك المستعر الشك في كون السديم قريباً.

وبعد أن سُوِّيت القضية، وتحدث علماء الفلك عن «مجرة المرأة المسلسلة»، بقي مستعر «S ـ م م» مصدر حيرة في الاتجاه الآخر. ففي السابق، كان علماء الفلك يتساءلون عن شدة إعتامه، أما الآن، فهم يتساءلون عن شدة تألقه.. كانت جميع المستعرات المكتشفة في «مجرة المرأة المسلسلة» (أكثر من 100) شديدة الإعتام، في حين كان المستعر «S ـ م م» يفوقها سطوعاً بملايين المرات ـ بحيث يرى بالعين المجردة. فلماذا؟

ومرة أخرى، هناك احتمالان: أولهما أن مستعر «S ـ م م» قد يكون توهج داخل «مجرة المرأة المسلسلة» وكان أسطع بملايين قليلة من المستعرات العادية. ولكن هذا بدا غير معقول، ولم يقتنع به أي عالم فلكي (باستثناء «هابل» الذي كان في قمة شهرته آنذاك).

أما الاحتمال الآخر، فكان الأقرب إلى المعقول، وهو أن مستعر «S ـ م م» لم يكن جزءاً من «مجرة المرأة المسلسلة»، ولكنه، بمصادفة ليست مستحيلة، يقع في نفس اتجاه تلك المجرة. فلو كان أقرب من المجرة بجزء من الألف، فسوف يبدو بالطبع أكثر سطوعاً بملايين المرات من تلك المستعرات البالغة الإعتام والتي «هي» جزء من «مجرة المرأة المسلسلة». واعتمد معظم علماء الفلك هذه النظرة.

إلا أن حسم نزاع من هذا النوع، لا يكون بتصويت الأكثرية. ومرة أخرى، كان لا بد من إيجاد دليل جديد أفضل، بشكل أو بآخر.

فكّر عالم الفلك السويسري «فريتز زويكي» Fritz Zwicky (1898 - 1974) في الموضوع. لنفرض أن «S ـ م م» كان جزءاً من «مجرة / م م»، وإنه توهج بضوء ساطع يفوق بملايين قليلة من المرات أي مستعر عادي. وبكلمة أخرى، لنفرض أن المستعر «S م م» لم يكن مجرد نجم منفجر، بل كان المتفجر الأعظم أو المستعر (*) الأعظم (حسب التعبير الذي أدخله «زويكي» نفسه).

إذا كان الأمر كذلك، فقد اكتشف مستعر أعظم واحد في «مجرة / م م» و«العديد» من المستعرات العادية. كان هذا معقولاً لأن الأجسام العظيمة الكبر أقل عدداً من الأجسام التي هي عادية نسبياً. وبالتالي، لم يعد هنالك من جدوى في رصد «مجرة / م م «أو أي مجرة أخرى، بحثاً عن مستعر أعظم آخر، إذ قد تنقضي عقود، وربما قرون، قبل اكتشاف واحد منها.

هنالك ملايين من المجرات البعيدة والبعيدة جداً، التي يستحيل اكتشاف المستعرات العادية فيها بأي وسيلة، خلافاً للمستعرات العظمى التي يمكن مشاهدتها. لقد سطع مستعر «S ـ م م» بقوة تعادل قسماً كبيراً من مجموع الضوء في باقي «مجرة / م م» (مع الافتراض بأنه حقاً جزء من تلك المجرة). فإذا كانت المستعرات العظمى الأخرى على شاكلة مستعر « S ـ م م»، فسوف تسطع كذلك بضوء مركز يعادل ضوء مجرة كاملة؛ ومهما كانت المجرة بعيدة، فما دامت في حدود الرؤية، سوف يكون بالإمكان مشاهدة أي مستعر أعظم فيها.

وقد يظهر على فترات نادرة، أي مستعر أعظم في مجرة معينة، ولكن قد تظهر في كل سنة مستعرات في هذه المجرة أو تلك. ولهذا، فعلى عالم الفلك

(*) أو «المتجدد الأعظم» supernova

أن يرصد ما يمكنه من مجرات، وأن ينتظر حتى يرى واحداً منها («أي» واحد منها) يسطع ليصبح نجماً متألقاً كما هو، حيث لم يكن موجوداً من قبل.

بدأ «زويكي» سنة 1934، بحثاً منتظماً عن المستعرات العظمى، فركّز ارصاده على حشد [ثريا] من المجرات في «برج العذراء» (أو السنبلة) Virgo، وأخذ يراقبها جميعاً. وفي العام 1938، اكتشف وجود 12 مستعراً أعظم في كل من 12 مجرة مختلفة في ذلك الحشد. كان كل مستعر أعظم في أوج سطوعه، بقوة ضوء تعادل مجموع ضوء مجرته، وبلغ كل منها في أوجه، سطوعاً يزيد مليارات المرات عن سطوع شمسنا.

أتكون هذه المشاهدة مخيبة للآمال؟ أيكون «زويكي» قد وقع بمحض المصادفة على اثني عشر مستعراً عادياً، أقرب من المجرات التي تبدو موجودة فيها، ولكنها، بالمصادفة، واقعة في اتجاهاتها بالذات؟

كلا. فهذا غير ممكن. كانت المجرابت الإثنتا عشرة، عبارة عن رقاع صغيرة جداً في السماء. وأن نجد 12 مستعراً، يقع كل مستعر منها في نفس اتجاه كل من هذه المجرات بالضبط، فذلك يعني اننا نطلب الكثير حقاً من مفارقات المصادفة. كان الأقرب بكثير إلى العقل، أن نسلّم بوجود المستعرات العظمى. إلى ذلك، تم في السنوات اللاحقة، اكتشاف المزيد من المستعرات العظمى الإضافية، على يد «زويكي» وغيره. وهنالك حتى الآن أكثر من 400 مستعر أعظم، اكتشف في مختلف المجرات.

فهل يمكن والحالة هذه، أن بعض المستعرات التي شوهدت في مجرتنا، هي مستعرات عظمى؟ أجل، بالتأكيد. فمن غير المحتمل وجود مستعر عادي قريباً منا إلى درجة أن يفوق بضوئه ضوء الكواكب. ولكن المستعر الأعظم قد يفعل، حتى ولو كان بعيداً جداً.

وهكذا، فالمستعرات الساطعة حقاً التي وصفت في الفصل 11 لا بد وأنها مستعرات عظمى. وهذا يشمل مستعر العام 1054، ومستعر «تيكو» للعام 1572، ومستعر «كپلر» للعام 1604.

كان مستعر 1604، آخر ما شوهد من المستعرات العظمى في مجرتنا. فمنذ تطوير المقراب البصري، والمطياف (منظار التحليل الطيفي) وكاميرا التصوير، والمقراب (التلسكوب) الراديوي، والصواريخ، لم يُشاهَد في مجرتنا «أي» مستعر أعظم. (قد يكون ثمة مستعرات عظمى ظهرت في الطرف الآخر

من المجـرة، حيث تحجبهـا الغيـوم الكمـداء القـاتمـة التي تفصلنـا عن مـركــز المجرة).

وفي الواقع، منذ العام 1604، كان أقرب مستعر أعظم اكتشف، هو مستعر المـرأة المسلسلة («S ـ م م») وذلك قبـل قرن من الآن، وهـو يبعـد حـوالي 3 .2 مليون سنة ضوئية.

وفي حين لا يتمنى عاقل أن ينفجر مستعر أعظم بجوار الأرض، فقـد نبقى في أمان إذا ما انفجـر واحد على بعـد ألفي سنة ضـوئية منـا. وفي هذه الحـال، سـوف تتوفـر لعلماء الفلك فـرصة لـدراسة انفجـار مستعر أعـظم، مع فيض من التفاصيل، وهو أمر يتمنونه بشغف كبير.

وعلماء الفلك بالتـالي ينتظرون مثـل هذا الحـدث، ولكن كل مـا يمكنهم عمله، هو الانتظار ـ وهم يحرقون عليهم الأُرَّم، على ما أتصوّر..

[ملاحظة: بعـد مرور أقـل من شهر على كتـابة هـذا المقال، ظهـر مستعر أعظم، لا في مجرتنـا، بل في أقـرب جار لنـا، وهو «سحـابتا مـاجلان». وكـان علماء الفلك في غاية السعادة لـوجود مستعـر أعظم لا يبعـد سوى 000 150 سنـة ضوئية].

14

الوسط المسدود

مساء الأمس، جلست إلى البيانو، وأخذت أنقر بعض الأنغام بيد واحدة. لم يكن لدي بيانو قبل الخمسينات. ولكن حتى في ذلك التاريخ المتأخر، كنت أذكر تماماً ما تعلمته في المرحلة الرابعة عن سلم الموسيقى (الخطوط الأفقية التي تُدوّن عليها النغمات)، والأنغام الموسيقية، حادُّها وخفيضَها. وانطلاقاً من هذا، أخذت منذ أصبح لديّ بيانو، أنقر ألحاناً مألوفة (لي إذن موسيقية)، وأقارنها مع علامات الموسيقى. وبهذه الطريقة علّمت نفسي قراءة الموسيقى ـ بطريقة بدائية للغاية.

هكذا، كنت ليلة أمس، أستمع إليّ وأنا أعزف «بيتي القديم في كنتاكي»، و«الكبار في بيوتهم» وبعض الأغنيات الخفيفة الأخرى، «من دون» العلامات الموسيقية. تنهدت وقلت لزوجتي العزيزة جانيت: «آه لو كنت أملك بيانو في صغري، حيث كان لدي الوقت في التلهي عليه، لكنت استمريت في التخبط، وصولاً إلى عزف أنغام متآلفة، وصياغة ألحان معقولة بالسماع. وكان لا بد من صديق يساعدني على تصحيح الأنغام الناشزة، بحيث يصبح في مقدوري وأنا راشد، أن أعزف بشكل يكفي لأن أطرب نفسي، ولو أنه ليس في المستوى الرفيع بالمعنى المطلق».

فوافقتني جانيت بحرارة كما تفعل دائماً (وهي التي تعلمت العزف على البيانو في صغرها، فأصبحت تجيده بما يكفي لأن تطرب نفسها).

غير أني حينذاك، نظرت إلى الجانب المشرق، لأني أكره التأسف على نفسي. قلت: «بالطبع، كان معنى ذلك إضاعة الكثير من وقتي، وبالتالي إتلاف جزء كبير من حياتي».

وهذا ما كانت جانيت تدركه جيداً، إذ عرفت منذ زمن طويل، إني أعتبر كل لحظة تبعدني عن آلتي الكاتبة، وقتاً مضاعاً (ولكن باستثناء الوقت الذي أقضيه معها دائماً ـ إذا لم يكن مفرطاً).

وأراني الآن أعوّض عن الوقت الذي أضعته بالأمس على البيانو، بالكتابة عن تلك اللحظة. وتفادياً لإضاعة المزيد من الوقت، سأستمر في الكتابة ـ ولو عن شيء آخر.

نعرف جميعاً أن بإمكاننا الحصول على الطاقة من النّوى الذرية، إذا ما شطرناها إلى أجزاء أصغر (الانشطار النووي)، أو إذا ما سحقناها معاً لتكوين أجزاء أكبر (الاندماج النووي).

وقد يتصور أحد بالتالي أن بالإمكان الحصول على مقادير لا متناهية من الطاقة عن طريق التناوب في شطر النوى، ثم دمجها معاً، وتكرار ذلك مرة بعد مرة. ولكن لسوء الحظ، لقد استبقت الطبيعة الضغنة هذا المخطط، فأصدرت قوانين الدينامية الحرارية ضده.

يمكن بالطبع شطر النوى الثقيلة لإنتاج الطاقة، ولكن لا يمكن إعادة دمج نتاج الانشطار من جديد، وإرجاعه إلى النوى الأولى، من دون أن ننفق مقداراً إضافياً من الطاقة، يعادل على الأقل، ما نتج منها عن الانشطار.

وهكذا إذا نظرنا إلى التغيرات التلقائية في الكون، نرى أن ثمة ميلاً لدى النوى الثقيلة نحو الانشطار fission، وميلاً لدى النوى الخفيفة نحو الاندماج fusion. ويكون التغيّر في الحالين باتجاه واحد.

فالنوى الثقيلة تولد الطاقة مع تحولها إلى نوى خفيفة تدريجياً، كما أن النوى الخفيفة تولد الطاقة مع تحولها التدريجي إلى نوى ثقيلة. وفي كل من الحالين، تتولد نوى ذات طاقة أقل من سابقتها. وفي كل من الحالين، يعني هذا أن الجسيمات التي تكوّن نوى النتاج، هي في المتوسط أصغر كتلة من تلك

التي تؤلف النوى الأولى.

فإذا تخيلنا هذه العملية من النوى الثقيلة إلى النوى الخفيفة، ثم من النوى الخفيفة إلى النوى الثقيلة، نرى أنه لا بد لنا من المرور بنواة وسطية بين بين، ذات حد أدنى من الطاقة، وحد أدنى من متوسط كتلة جسيماتها. هذه النواة الوسطى، لا يمكنها توليد أي طاقة في تحولها نحو الأصغر أو نحو الأكبر، ولا يمكنها أن تمر بأي تغيرات نووية تلقائية.

هذا الوسط المسدود، يتمثل في نواة الحديد ـ 56، المؤلفة من 26 بروتوناً و 30 نيوتروناً.

ولنجرب بعض الأرقام ـ

إن الجسيم الواحد لنواة الهيدروجين ـ 1، ذو كتلة تساوي 00797 .1. والجسيمات الإثنتا عشرة (12) لنواة الكربون ـ 12، هي ذات كتلة في المتوسط، تبلغ 00000 .1 (وهذا المتوسط هو الذي يحدد الوحدة النووية للكتلة). والجسيمات الست عشرة (16) لنواة الأكسجين ـ 16، هي ذات كتلة 99968 .0 في المتوسط. والجسيمات الست والخمسون 56 لنواة الحديد ـ 56، هي ذات كتلة 99884 .0 في المتوسط (هذه فوارق ضئيلة في الكتلة، ولكن حتى خسارة جزء يسير من الكتلة، تعادل ربحاً ضخماً نسبياً في الطاقة).

وإذا نظرنا من الطرف الآخر، نرى أن الجسيمات البالغ عددها 238 لنواة اليورانيوم، هي ذات كتلة 00021 .1 في المتوسط، وجسيمات الذهب البالغ عددها 197 هي ذات كتلة متوسطة تبلغ 99983 .0؛ وجسيمات الفضة البالغ عددها 107 (للفضة ـ 107) ذات كتلة 99910 .0. وهكذا نرى أن النوى تسير في الاتجاهين نحو الحديد ـ 56، باعتباره الأقل كتلة في الجسيم النووي، وبالتالي يحوي الأقل من الطاقة ويبقى الأكثر ثباتاً أو استقراراً.

إن التغيرات النووية السائدة في كوننا هذا، هي ذات طابع اندماجي. فبعد اللحظات الأولى من الانفجار العظيم، كان الكون مؤلفاً من الهيدروجين والهليوم، (أي من نوى صغيرة جداً) ولا شيء آخر. وكان تاريخ الكون بأكمله، طوال الخمسة عشر مليار سنة منذ الانفجار العظيم، عبارة عن اندماج هذه النوى الصغيرة في نوى أكبر منها.

خلال هذه العملية، تألف مقدار كبير من النوى الأثقل، بنسب عددية

متفاوتة (وفقاً لمعدل مختلف تفاعلات الانصهار)، بما فيها كمية من الحديد أكبر بكثير من باقي العناصر ذات الكتل النووية المتقاربة. وهكذا يعتقد بأن قلب الأرض مؤلف من الحديد بشكل رئيسي ـ وقد يكون هذا صحيحاً بالنسبة إلى الزهرة وعطارد. والعديد من الرجم (الأحجار النيزكية) هو حديد في 90% منه. كل هذا، لأن الحديد هو الوسط المسدود.

وبالتأكيد، تألفت كذلك نوى العناصر الأكبر كتلة من الحديد، لأنها موجودة. ثمة شروط يجري فيها الاندماج النووي من هيدروجين إلى حديد بسرعة انفجارية هائلة بحيث لا يجد جزء من الطاقة وقتاً كافياً للإفلات، فتمتصه ذرات الحديد، وترتفع في سلم الطاقة إذا صح التعبير، لتصبح نوى بكتلة اليورانيوم أو حتى تتجاوزها.

هذه النوى الأثقل، تتواجد بكميات ضئيلة في الكون ككل. فخلال الخمسة عشر مليار سنة من عمر الكون، لم ينصهر في الواقع سوى جزء يسير جداً من مادة الكونِ الأولية، إلى نوى الحديد، بل والى أقل منه. فمن مجموع النوى التي تؤلف الكون، لا يزال 90% هيدروجين، و9% هليوم. وكل المتبقي الذي تكوّن بالاندماج، لا يشكل سوى 1% من المجموع أو دون ذلك.

فلماذا؟

لأن عملية الاندماج لا تحدث بسهولة. فلكي تندمج نواتان، يجب أن تتصادما بقوة هائلة ـ إلا أن النوى محمية بغلاف من الإلكترونات في الحالات العادية. ولكن حتى ولو نزعت الإلكترونات، فإن النوى المعراة هي جميعاً ذات شحنة موجبة، وبالتالي فإنها تطرد بعضها بعضاً.

لكي تجري عملية الاندماج إذن، يجب أن توضع كتلة من الهيدروجين تحت ضغط وحرارة هائلين، وهي شروط قصوى لا تتوفّر إلا في أماكن مثل قلب النجوم.

ولا بدّ من ضخّ طاقة ضخمة في ذرات الهيدروجين، للتخلص من الإلكترونات ولسحق النوى العارية (البروتونات الفردية) بعضها ببعض، رغم القوة الطاردة في شحناتها المتماثِلة. فكيف، والحالة هذه، يمكننا التحدث عن الاندماج وكعملية «تلقائية»، ما دام حصولها يتطلب هذا المقدار من الطاقة؟

ذلك لأن هذه الطاقة هي «طاقة تنشيط» (أو تفعيل)، أي ما يصلح لانطلاق العملية. فبعد أن تبدأ عملية الاندماج، تتحرر كميات كبيرة من الطاقة، تكفي

لاستمرارها، حتى مع أن معظم هذه الطاقة يشعّ نحو الخارج.

وهكذا، فالاندماج يُولّد من الطاقة أكثر «بكثير» من القدر القليل الذي يتطلبه ابتداؤها، بحيث يكون الاندماج ككل، تفاعلاً تلقائياً يولد الطاقة.

وإذا كان هذا يبدو مشوشاً، فلنتأمل عود الثقاب الاحتكاكي. فإذا تُرِك لذاته في حرارة الغرفة، فلن يُولّد أي طاقة. أما أذا حككناه على سطح خشن، فإن حرارة الاحتكاك ترفع حرارته إلى الدرجة التي يبدأ معها رأس العود بالاشتعال. وحرارة النار هذه، ترفع حرارة المواد المحيطة إلى درجة احتراقها. ويمكن أن يستمر هذا إلى ما لا نهاية، بحيث أن عود الثقاب، عندما يبدأ بالاشتعال، قد يُولّد حريقاً في غابة لا حدود لها.

وحتى في مركز النجم، تجري عملية الاندماج بهدوء وبطء نسبياً. فشمسنا ما زالت في اندماج منذ حوالي خمسة مليارات سنة، مع القليل من التغيّر الخارجي. وهي سوف تبقى على هذا، لفترة خمسة مليارات سنة أخرى. على الأقل.

وما دامت شمسنا تصهر الهيدروجين إلى هليوم، فهي في «سلسلة التعاقب الرئيسية». وهذا يدوم وقتاً طويلاً، لأن اندماج الهيدروجين إلى هليوم يُولّد مقداراً هائلاً من الطاقة.

خلال كل هذه المليارات من السنين في سلسلة التعاقب الرئيسية، يتولد المزيد والمزيد من الهليوم في قلب الشمس، فتزداد كتلته ببطء شديد؛ ويزداد معه حقل الجاذبية المتراكم في قلب الشمس فيضغطه أكثر فأكثر، رافعاً من حرارته وضغطه إلى مستوى يكفي لتوليد طاقة التنشيط التي تصهر نوى الهليوم كذلك إلى نوى أكبر كتلة.

عندما يبدأ اندماج الهليوم، يصبح المتبقي من عملية الاندماج قصيراً نسبياً، لأن سائر عمليات الاندماج إلى ما بعد الهليوم، لا تولّد سوى خمس (1/5) الطاقة التي يولدها الاندماج الأولي هيدروجين ـ هليوم. والأكثر من ذلك أن النجم، مع اندماج الهليوم، يأخذ في تغيير مظهره بشكل عنيف، فيقال إنه «تخطى السلسلة الرئيسية». ولأسباب مختلفة، يتمدد بقوة، ومع التمدد، يبرد سطحه (دون قلبه) ويحمرّ، ويتحوّل النجم إلى «عملاق أحمر»، ويصبح عمره آنذاك قصيراً، كنجم في حالة اندماج.

إن نجماً ذا كتلة تقارب كتلة شمسنا، سوف تبلغ عملية اندماجه الحد الذي يتكون معه قلبه - في معظمه - من نوى كالكربون والأكسجين والنيون. ولكي نجعل هذه النوى تنصهر بدورها، لا بد من بلوغ درجة حرارة وضغط، لا قدرة لجاذبية النجم وقلبه على توليدهما.

بالتالي، يعجز النجم عن توليد طاقة الاندماج عند هذه النقطة كي يحافظ على تمدده ضد جاذبيته الخاصة التي تشده بلا هوادة نحو الداخل، فيبدأ بالانكماش. ويرفع الانكماش من مستوى الضغط والحرارة في المناطق الخارجية من النجم، والمؤلفة في معظمها من هيدروجين وهليوم، فتندمج بسرعة وتنقذف بعيداً في غيوم من البخار المتوهج. إلا أن معظم النجم ينخسف، ليصبح قزماً أبيض مكوناً - بشكل شبه كلّي - من الكربون والأكسجين والنيون، من دون أي هيدروجين أو هليوم.

والأقزام البيضاء، هي أجرام مستقرة، لا تندمج، بل ترشح طاقتها ببطء، فتبرد وتعتم تدريجياً على المدى الطويل، إلى أن تتوقف أخيراً عن بثّ الضوء المرئي نهائياً، لتصبح «أقزاماً سوداء». وهذه العملية هي من البطء بحيث لم يتسنَّ بعد لأي قزم أبيض، في تاريخ الكون بكامله، أن يبرد ويتحول إلى قزم أسود.

ولكن ماذا لو كان النجم أكبر بكثير من شمسنا، بثلاثة أو أربعة، أو حتى بعشرين أو ثلاثين ضعفاً، مثلاً؟

كلما عظمت كتلة نجم ما، اشتدت قوة حقل جاذبيته وكذلك قوة ضغطه على جوفه الداخلي. وقد تبلغ حرارة قلبه وانضغاطه درجة أكبر بكثير مما قد يبلغانه في شمسنا، فيندمج عندها الكربون والأكسجين والنيون، إلى سليكون وكبريت وأرغون، وصولاً إلى الحديد.

ولكن عند الحديد، تتوقف العملية نهائياً، لأن الحديد لا يندمج ولا ينشطر تلقائياً. ويتضاءل توليد الطاقة في قلب النجم، فيأخذ في الانخساف. ويكون هذا الانخساف أسرع بكثير تحت وطأة جاذبية نجم عملاق، منه في نجم عادي، كما تكون كمية الهيدروجين والهليوم المتبقية أكبر بكثير في النجم العملاق. وينفجر معظم الهيدروجين والهليوم في فترة قصيرة نسبياً، فيسطع النجم لأيام أو أسابيع قليلة، بقوة تألق أشد بمليار مرة من تألق نجم عادي.

ونسمي النتيجة هذه: «المستعر الأعظم» supernova.

يقذف الانفجار العارم للمستعر الأعظم بنوى من كل الأحجام في الفضاء بين النجوم. بعض هذه النوى أكبر كتلة حتى من الحديد، لأن الطاقة المتولدة هي من القوة بحيث تقذف بعيداً ما يصادفها من نوى الحديد.

ينشر المستعر الأعظم كميات من النوى الثقيلة عبر الغيوم الفضائية التي تتكون في البداية من هيدروجين وهليوم فقط. والنجم الذي يتكوّن من غيوم تحتوي على مثل هذه النوى الثقيلة (كشمسنا مثلاً) يدمجها في بنيته الخاصة. كما تجد هذه النوى طريقها إلى كواكب النجوم المشابهة، وإلى أشكال الحياة التي تنمو على تلك الكواكب.

إلا أن قلب المستعر الأعظم المنفجر، الذي يضم معظم الحديد وغيره من النوى الثقيلة، ينكمش إلى نجم نيوتروني صغير، أو حتى إلى ثقب أسود أصغر منه. وهكذا يبقى القسم الأكبر من النوى الثقيلة في مكانه ولا يفلت إلى الفضاء الخارجي. وقد نتساءل عندها، ما إذا كان بمثل تلك المستعرات العظمى، هو مصدر كميات النوى الثقيلة التي نجدها في الكون عموماً.

بيد أن نوع المستعر الأعظم الذي وصفت، ليس النوع الوحيد.

خلال نصف القرن الأخير، تمت دراسة نحو من 400 مستعر أعظم (جميعها في مجرات أخرى، إذ لم يرصد أي مستعر أعظم في مجرتنا منذ العام 1604 ـ لسوء طالع علماء الفلك!) ويمكن تقسيم هذه المستعرات العظمى إلى فئتين، تسمّيان النموذج I والنموذج II.

يميل النموذج I إلى كونه أشد سطوعاً من النموذج II. ففي حين قد يبلغ النموذج II سطوعاً يعادل مليار مرة سطوع شمسنا، يبلغ سطوع النموذج I، 5 .2 مليار مرة سطوع الشمس.

ولو كان هذا هو الفارق الوحيد، لافترضنا أن النجوم العملاقة انفجرت لتصبح مستعرات عظمى من النموذج I، وان النجوم الأصغر حجماً، انفجرت لتصبح مستعرات عظمى من النموذج II. ويبدو هذا من الوضوح بحيث يغري بعدم المضي في البحث إلى أبعد من ذلك.

ولكن ثمة فوارق أخرى، تقلب هذه الخلاصة.

على سبيل المثال، غالباً ما يتواجد النموذج II الأعتم، في أذرعة المجرات اللولبية، حيث نجد بالفعل مركّزات كبيرة من الغازات والغبار، وكذلك

النجوم الضخمة ذات الكتلة الكبيرة.

أما المستعرات العظمى النموذج I، الأكثر سطوعاً، فمع انها تكون أحياناً في أذرعة المجرات اللولبية، قد تتواجد كذلك في المناطق المركزية من تلك المجرات، كما في المجرات الإهليلجية، حيث القليل من الغبار والغاز. في مثل هذه المناطق الخالية من الغاز والغبار، تتكون في العادة نجوم من حجم معتدل عموماً. ومن مواقعها، يبدو أن المستعرات العظمى النموذج II هي التي تتكوّن من انفجار نجوم عملاقة، في حين أن المستعرات العظمى النموذج I تتكون من انفجار نجوم أصغر حجماً.

ثمة فارق ثالث أيضاً، وهو أن المستعرات العظمى نموذج I، بعد تخطيها الأوج، يأخذ سطوعها في التضاؤل على نحو منتظم، في حين يتضاءل سطوع المستعرات الكبرى نموذج II بشكل غير منتظم. وهنا أيضاً قد نتوقّع أن يكون سلوك النجوم الصغيرة معتدلاً أكثر من سلوك النجوم الكبيرة. فالانفجار الأكبر لنجم عملاق، يُتوقّع له تاريخ أكثر فوضوية، مع انفجارات ثانوية وغير ذلك.

من قضية الموقع ونمط التضاؤل في السطوع، يمكن أن نتوقع بأن المستعرات العظمى نموذج I، تنتج عن نجوم أصغر مما في حال المستعرات العظمى نموذج II. ولكن في هذه الحال، لماذا تكون المستعرات العظمى نموذح I أكثر سطوعاً بـ 5 .2 مرة من المستعرات العظمى نموذج II؟

وثمة نقطة أخرى. فالنجوم الصغيرة أكثر عديداً على العموم من النجوم الكبيرة. ويحتمل بالتالي أن يكون عدد المستعرات العظمى نموذج I إذا نشأت في نجوم صغيرة، أكبر من عدد المستعرات العظمى نموذج II، ربما بعشرة أضعاف. ولكن الأمر ليس كذلك! فالنموذجان متساويان على وجه التقريب.

من طيفَيّ النموذجين للمستعرات العظمى، يبرز حلّ محتمل، لأن نتائجهما شديدة التباين. ففي طيف النموذج II، خطوط بينة للهيدروجين، وهو ما يُتوقّع لنجم عملاق. فحتى ولو كان قلبه يغصّ بالحديد، فإن مناطقه الخارجية تبقى غنية بالهيدروجين الذي يولّد اندماجه الطاقة التي تبقي على سطوعه الضوئي.

أما طيف النموذج I، فلا أثر للهيدروجين فيه، بل عناصر مثل الكربون والأكسجين والنيون فقط ـ وهذا هو تكوين الأقزام البيضاء!

فهل يكون المستعر الأعظم نموذج I عبارة عن قزم أبيض منفجر؟ في هذه

الحال، لماذا يكون عدد المستعرات العظمى I قليلاً؟ هل لأن الاقلية فقط من الأقزام البيضاء تنفجر، فيتضاءل عدد النموذج I إلى ما دون عدد النموذج II؟ ولماذا لا ينفجر إلا الأقلية؟ بل ولماذا تنفجر أصلاً؟ ألم أقل سابقاً في هذا المقال أن الأقزام البيضاء مستقرة غاية الاستقرار وأن سطوعها يتضاءل ببطء شديد على مدى مليارات السنين، ومن دون أي تغيير آخر؟

لقد برز حل مثل هذه المسائل من النظرة إلى المستعرات (وليس المستعرات العظمى، بل مجرد مستعرات تسطع بقوة لا تتعدى 000 100 أو 000 150 مرة سطوع الشمس).

هذه المستعرات أكبر عدداً من المستعرات العظمى، ولا يمكن أن تمثل انفجاراً ضخماً للنجوم، وإلا، لكانت عمالقة حمراء قبل الانفجار، وأشد سطوعاً بكثير في قمة الانفجار، ثم لكانت تتلاشى في الحال كلياً إثر ذلك. ولكنها تبدو كنجوم عادية في سلسلة التعاقب الرئيسية، قبل وبعد سطوعها المعتدل، ربما مع تغيّر طفيف نتيجة لذلك، فيما لو حصل. وفي الواقع، يمكن لنجم خاص أن يتحول إلى مستعر مرة بعد مرة.

ولكن في العام 1954، لاحظ عالم فلك أميركي، «ميرل ف. ووكر» Merle F. Walker أن نجماً معيناً سُمّي آخر الأمر «DQ الجاثي» D Q Hercules مرّ في طور المستعر سنة 1934، كان في الحقيقة نجماً ثنائياً، مؤلفاً من نجمين متقاربين إلى حد التلامس تقريباً.

لم يُدّخَر أي مجهود لدراسة كل من النجمين بمفرده. كان الأسطعَ بينهما، نجمٌ في سلسلة التعاقب الرئيسية، أما النجم الأعتم، فقزم أبيض! وإلى أن تم تحديد ذلك، تبيّن أن عدداً من النجوم التي مرت في تاريخها بطور المستعر، كانت نجوماً مزدوجة متقاربة، وفي كل من الحالات، أحدهما قزم أبيض.

وقرر علماء الفلك على الفور، أن القزم الأبيض من بين الإثنين هو الذي مر بطور المستعر، والذي يشاهد عادة هو ذو سلسلة التعاقب الرئيسية، وهو لم يمر بتغيرات تذكر، مما يفسر لماذا يبدو المستعر هو نفسه، قبل سطوعه وبعده. أما القزم الأبيض، «فلم» يرصد عادة، وضاع كل فحوى المستعر.

ولكن لا أكثر. فسرعان ما اقتنع علماء الفلك بأن الذي حصل هو التالي: نبدأ بنجمين في سلسلة التعاقب الرئيسية، يشكلان شطرَي زوج متقارب. وكلما

كان النجم كبيراً، يكون أسرع استنفاداً للهيدروجين في قلبه، وبالتالي فالنجم الأكبر كتلة هو الأسبق إلى التمدد في عملاق أحمر. ويرشح بعض من مواده المتمددة نحو رفيقه الأصغر كتلة والذي هو بعد في سلسلة التعاقب الرئيسية، وبالتالي تقصر حياته تبعياً. وأخيراً، ينخسف العملاق الأحمر إلى قزم أبيض.

وبعد ذلك، يأخذ النجم الآخر ذو السلسلة الرئيسية في التعاقب، الذي تقاصر عمره، في التمدد إلى عملاق أحمر، ويصبح كبيراً بحيث يرشح قسم من مادته إلى جوار القزم الأبيض، ويتلولب في مدار (أو «قرص التنامي» accretion disk) حول القزم الأبيض. وعندما يجتمع من الغاز ما يكفي في قرص التنامي، ينهار القرص وينسكب على سطح القزم الأبيض.

والكتلة التي تقع على سطح قزم أبيض، تتصرف خلافاً لتلك التي تقع على سطح نجم عادي، إذ إن قوة جاذبية القزم الأبيض على سطحه، أكبر بآلاف المرات من قوة الجاذبية على سطح نجم عادي. ففي حين تنضم المادة التي يلتقطها النجم العادي، بهدوء إلى كتلته، تنضغط المادة التي يلتقطها القزم الأبيض، تحت وطأة جاذبية سطحه الشديدة. فتندمج.

وعندما ينهار قرص التنامي، يندفع مقدار من الضوء والطاقة فجأة، فيسطع النظام الثناني بقوة 000 100 مرة أو نحو ذلك. وبالطبع، قد يتكرر هذا مرة بعد أخرى، وفي كل مرة يصبح القزم الأبيض مستعراً، وتتزايد كتلته.

إلا أن كتلة القزم الأبيض لا يمكن أن تزيد عن 44 .1 مرة كتلة الشمس. لقد أثبت هذا عالم الفلك الهندي المولد «سوبرا همانيان تشاندرازيخار» Sub-rahmanyan Chandrasekhar سنة 1931، وتسمى هذه الكتلة «حدود تشاندرازيخار» (نال «تشاندرازيخار جائزة نوبل في الفيزياء، بعد انتظار طويل ـ سنة 1983 ـ على ذلك!).

يحول دون المزيد من انكماش القزم الأبيض، مقاومة الإلكترونات للانكماش، ولكن عندما يتخطى القزم الأبيض حدود «تشاندرازيخار»، تصبح الجاذبية من القوة بحيث تبعثر الإلكترونات، ويبدأ الانكماش بالفعل.

ينكمش القزم الأبيض بسرعة كارثية، فتنصهر جميع نوى الكربون والأكسجين والنيون التي يتكون منها، وتشطر الطاقة المتولدة النجم «كلياً» فلا تخلف وراءها سوى حطام غازية وغبارية. ولهذا السبب، فإن المستعرات العظمى نموذج I الناتجة في نجوم أصغر كتلة، تكون أسطع من المستعرات

العظمى نموذج II، الناتجة في نجوم ذات كتلة أكبر بكثير. كما أن انفجار القزم الأبيض كامل، وليس جزئياً، وهو أسرع بكثير من انفجار نجم عملاق.

أما سبب قلة عدد المستعرات العظمى نموذج I نسبياً، فهو أن الأقزام البيضاء لا تنفجر كلها. فالأقزام البيضاء التي تكون نجوماً منفردة أو بعيدة عن رفاقها (كالقزم الأبيض «الشعرى اليمانية ـ B» Sirius - B، البعيد عن رفيقه «الشعرى اليمانية ـ A» Sirius - A ذي السلسلة التعاقبية الرئيسية) بعيدة الاحتمال أو معدومته، في كسب مزيد من الطاقة يجعلها تتخطى حدود «تشاندرازيخار».

وهكذا تم تفسير العديد من الفوارق بين خصائص نموذَجي المستعرات العظمى ـ باستثناء فارق واحد ما زال محيراً: لماذا تُعتِم المستعرات العظمى نموذج I على نحو منتظم، في حين لا ينتظم إعتام المستعرات العظمى نموذج II؟

في حزيران/يونيه 1983، ثار مستعر أعظم نموذج I، في المجرة القريبة نسبياً، «M - 83»، وكان ساطعاً بشكل لافت. وفي سنة 1984، اكتشف عالم فلكي إسمه «جايمس ر. غراهام» James R. Graham، آثاراً باهتة من الحديد في حطام ذلك المستعر الأعظم. كانت تلك، أول إشارة إلى أن الاندماج في مثل هذا النموذج I من المستعرات العظمى، يتجه باستمرار نحو الحديد.

وبدا لـ «غراهام» أن المستعر الأعظم نموذج I قد لا يكون مرئياً على الإطلاق. فإذا كان يندمج أبداً إلى حديد، فسوف يتضاعف قطره الأولي مئات آلاف المرات وبسرعة فائقة، فيبرد معظم مادته في هذه العملية، بحيث لا يعود يبث سوى القليل جداً من الضوء. ومع ذلك، فقد وقع الاندماج، واكتشف الحديد، وكان سطوع شديد. .

اعتقد «غراهام» أن ثمة مصدراً ثانياً أشد بطئاً، للطاقة والضوء، غير مجرد الاندماج. واقترح أن المادة في القزم الأبيض لا تندمج إلى الحديد ـ 56 (بنواة تحتوي على 26 پروتوناً و 30 نيوتروناً) بل إلى كوبالت ـ 56 (بنواة ذات 27 پروتوناً و 29 نيوتروناً).

ففي حين أن كتلة الجسيمات الستة والخمسين في الحديد ـ 56 هي ـ كما سبق أن أشرت في هذا المقال: 0. 99884، فإن كتلة الجسيمات الستة

والخمسين في الكوبالت ـ 56 هي 99977 .0. والكمية الزهيدة من الطاقة الإضافية في الكوبالت ـ 56 هي من الضآلة بحيث أن الانحدار من الكوبالت ـ 56 إلى الحديد ـ 56 معتدل جداً، مما يسمح للاندماج بالتوقف عند الكوبالت ـ 56.

ولكن لا يمكن دحض قوانين الدينامية الحرارية جميعاً. فالكوبالت ـ 56 يتكوّن، ولكنه لا يبقى. إنه نواة مشعة، وكل نواة تطلق آخر الأمر پوزيتروناً مع شعاع غاما. وفقدان الپوزيترون. يُحوّل الپروتون إلى نيوترون، فتصبح كل نواة كوبالت ـ 56، نواةً أخرى، ينقصها پروتون واحد، وبزيادة نيوترون واحد ـ أي باختصار، نواة حديد ـ 56. وهذا التغيّر المشع لكامل محتوى النجم من الكوبالت ـ 56، هو الذي يولّد طاقة السطوع الذي نشاهد في المستعرات العظمى نموذج I.

هل من دليل لدعم هذا الاقتراح؟

أجل. فمع أن الاندماج العام للنواة من الأكسجين إلى الكوبالت قد لا يستغرق أكثر من ثوان معدودات، نر ى أن اضمحلال الكوبالت ـ 56 أكثر تدرجاً بكثير، إذ يبلغ عمره النصفي 77 يوماً. فإذا كان الاضمحلال الإشعاعي للكوبالت ـ 56 هو مولّد سطوع المستعرات العظمى نموذج I، فإن هذا السطوع سوف ولا شك، يتضاءل بغاية الانتظام، شأن تضاؤل الإشعاع تماماً. وفي الظاهر، يعتم المستعر الأعظم نموذج I بانتظام ذي عمر نصفي قريب من 77 يوماً، مما يعزّز الاحتمالات حول الكوبالت ـ 56.

فبالرغم، إذن، من أن نموذجَي المستعرات العظمى يطلقان نوى ثقيلة إلى مادة الفضاء الخارجي، فالنوى الأكبر كتلة ـ كالحديد وما بعده ـ تبقى في معظمها داخل النجوم النيوترونية المنكمشة والثقوب السوداء الناتجة عن المستعرات العظمى نموذج II، ولكنها تنطلق منتشرة مع كل شيء آخر، بفعل الانفجارات الكلية للمستعرات العظمى نموذج I.

يتبع هذا أن معظم الحديد الذي صار إلى قلب الأرض وصخورها السطحية ـ أو إلى دمنا نحن أيضاً ـ كان موجوداً ذات يوم في أقزام بيضاء انفجرت.

15

نقيض!

[ملاحظة: قد يبدو الفصل الحالي غريباً عن هذا القسم، ولكنه تمهيد ضروري للفصل الذي يليه، والذي هو جزء منه].

أمضيت الأيام القليلة الأخيرة في فيلادلفيا لأحضر دورات الاجتماع السنوي «للجمعية الأميركية لتقدم العلوم»، خصوصاً وإني مشارك في ندوة حول السفر بين النجوم، ولأنه يروق لي بين الحين والآخر، أن أعتمر قبعتي العلمية.

في تلك الأثناء، طلب مني حديث لأربع مرات، وفي إحداها، قالت مُحادِثتي: «ولكن، ما هي المادة المضادة؟».

ولحسن الحظ، فقد طرحت سؤال زميل طُلِبَ منه حديث مثلي، فتركته يقوم هو بمهمة الشرح ورحت أتسلى بالتفكير أين كنت «أنا» قد سمعت بالمادة المضادة للمرة الأولى. كان ذلك، ولا شك، خلال قراءاتي للخيال العلمي.

كتب «جون د. كلارك» John D. Clark في عدد نيسان/إبريل 1937، من مجلة «العلم الخيالي المذهل»، قصة بعنوان «الكوكب السلبي»، تخبّط فيها جرم مؤلف من مادة مضادة، مندفعاً داخل النظام الشمسي، وأخذ يهدد كوكبنا. كان ذلك أول عهدي بالمفهوم.

ثم في آب/أغسطس 1937، وفي المجلة بالذات، كان هناك مقال غير خيالي، بقلم «ر. د. سويشر» R. D. Swisher، عنوانه «ما هي البوزيترونات؟». ومرة أخرى، تعلمت شيئاً عن المادة المضادة.

وهكذا، عندما بدأت في سنة 1939 كتابة قصص عن الربوط robot (أي الإنسان الآلي)، أعطيت «ربوطاتي» أدمغة «بوزيترونية»، كتغير ساحر مبتكر عن «الأدمغة الإلكترونية» المبتذلة والعديمة الإيحاء.

ولكن، متى بدأت معرفة المادة المضادة حقاً؟

من أجل هذا، لا بد لنا من العودة إلى العام 1928.

سنة 1928، كان الفيزيائي البريطاني «پول أدريان موريس ديراك» Paul Adrien Maurice Dirac (1902 - 1984) يدرس الإلكترون، أحد اثنين فقط من الجسيمات الدنيا للذرّة، كانا معروفَين حتى ذلك التاريخ، حيث الثاني كان البروتون.

استخدم «ديراك» ميكانيكا الموجات النسبية، التي وضع رياضياتها الفيزيائي النمساوي «إروين شرودنغر» Erwin Schrodinger (1887 - 1961) قبل سنتين من ذلك؛ فوجد أثناء عمله أن طاقة الإلكترون المتحرك قد تكون موجبة أو سالبة. والرقم الموجب كان يمثل الإلكترون العادي طبيعياً، ولكن، في هذه الحال، ماذا يمثل الرقم السالب (المساوي في كل شيء إلا العلامة)؟

كانت الطريقة الأسهل للخروج من ذلك، الافتراض أن العلامة السلبية هي براعة رياضية مصطنعة، لا معنى فيزيائياً لها. إلا أن «ديراك» كان يُفضّل إيجاد معنى، إن استطاع.

لنفرض أن الكون مؤلف من بحر ذي مستويات في الطاقة، حيث جميع المستويات السالبة مملوءة بالإلكترونات، وأن فوق هذا البحر عدداً كبيراً ـ ولكنه معروف ـ من الإلكترونات، موزعاً بين مستويات الطاقة الموجبة.

فإذا اكتسب أحد الإلكترونات في البحر بعض الطاقة، لسبب أو لآخر، فإنه يندفع خارج البحر، ليستقر في واحد من مستويات الطاقة الموجبة، فيصبح عندها ذلك النوع من الإلكترون العادي الذي طالما أَلِفه العلماء. ولكن في

(*) كان «ديراك» ابن معلّم مدرسة، مهاجر من القسم السويسري الناطق بالفرنسية، ومن هنا إسمه.

البحر، يترك رحيل هذا الإلكترون «ثقباً». وهذا الثقب، يتصرف كجسيم ذي خصائص نقيضة لخصائص الإلكترون.

وهكذا، فبما أن للإلكترون شحنة كهربائية فهي تكون قد سُحِبت من البحر، ولا بد للثقب المتولد من أن يكون ذا شحنة مضادة في طبيعتها. وبما أن الإلكترون ـ حسب العرف الذي يرجع في حينه إلى «بنجامن فرانكلن» ـ هو ذو شحنة كهربائية سالبة، فإن على الثقب أن يتصرف كما لو أنه ذو شحنة كهربائية موجبة.

فإذا تحولت الطاقة إلى الكترون، فإن انتاج هذا الإلكترون يستتبع دوماً الإنتاج المتزامن للثقب، أو «الإلكترون المضاد» «antielectron». (الثقب هو نقيض الإلكترون، والبادئة anti هي من الكلمة اليونانية التي تعني المضاد أو النقيض). كان «ديراك» بهذا، يتنبأ «بإنتاج الأزواج»، أي الإنتاج المتزامن للإلكترون وللإلكترون المضاد، وبدا واضحاً تمام الوضوح انه لا يمكن إنتاج واحد منهما دون الآخر.

ولكن في القسم الذي نحن فيه من الكون، هناك عدد كبير من الإلكترونات، من دون أدنى إشارة تدل على وجود عدد مماثل من الإلكترونات المضادة، فإذا سلمنا بهذا الواقع من دون أن نتحرى المادة عن كثب، نرى من المؤكد، لدى توليد أحد الإلكترونات مع ثقبه المرافق، أن يقع واحد من الإلكترونات العديدة الموجودة، في ذلك الثقب، وخلال وقت قصير جداً.

وهكذا تنبأ «ديراك» بأن الإلكترون المضاد جسم قصير العمر جداً، وهذا هو السبب في أن أحداً لم يصادفه حتى الآن. إلى ذلك، فقد رأى «ديراك» إنه لا يمكن التخلص من إلكترون مضاد، دون التخلص في آنٍ معاً، من إلكترون، والعكس بالعكس، أي بكلمة أخرى، «الفناء المتبادل» mutual annihilation.

في الفناء المتبادل، يجب أن تبث الجسيمات، مرة أخرى، الطاقة التي استهلكت في إنتاج الزوجين. وبالتالي، فإن الفناء المتبادل يجب أن يترافق مع إنتاج إشعاع طاقة، أو مع إنتاج جسيمات أخرى تسير بسرعات عالية، وذات طاقة حركية عالية، أو الإثنين معاً.

وبما أن المعروف آنذاك كان مقتصراً على جسيمين فقط، فقد حقق «ديراك» أن الإلكترون مشحون سلباً والپروتون مشحون إيجاباً، وتساءل أول الأمر ما إذا كان الپروتون بالمصادفة، الكتروناً مضاداً.

ولكن الواضح أن هذا لا يمكن أن يكون. فكتلة الپروتون، أولاً، هي أكبر بـ 1836 مرة من كتلة الإلكترون، ولا يبدو من المحتمل أن طرد أحد الإلكترونات خارج مستوى بحر الطاقة السالبة، سوف يولد ثقباً ذا كتلة تعادل 1836 مرة كتلة الجسيم المطرود، بل من المنطق الافتراض أن خصائص الثقب قد تكون مضادة في طابعها لخصائص الجسيم المقتلَع، ولكن لا بد من كونها مساوية لها في الكمية.

وهكذا، فبما أن شحنه الإلكترون الكهربائية سالبة، يجب أن تكون شحنة الإلكترون المضاد الكهربائية موجبة، إلا أن شحنة هذا السالبة، وشحنة ذاك الموجبة، يجب أن تكونا متساويتين. وهنا على الأقل، يملأ الپروتون الشروط لأن شحنته الموجبة مساوية تماماً لشحنة الإلكترون السالبة.

ولكن هذا يجب أن ينطبق على الكتلة أيضاً. فقد يكون الإلكترون المضاد من نوع كتلة الإلكترون، أو ربما ذا «كتلة مضادة»، ولكن وبكل الأحوال، لا بد وأن الكتلة أو الكتلة المضادة، مساوية تماماً لكتلة الإلكترون. وللپروتون نوع كتلة الإلكترون بالذات، ولكنه مختلف تماماً في الكمية.

إلى ذلك، فبحسب تفكير «ديراك»، يجب أن يكون عمر الإلكترون المضاد قصيراً وأن يصير في الحال إلى فناء متبادل مع أي الكترون يصادفه. إلا أن الپروتون يبدو في غاية الاستقرار، ولا يميل إطلاقاً نحو أي فناء متبادل مع الإلكترون.

وهكذا انتهى «ديراك» إلى الخلاصة بأن الإلكترون المضاد «ليس»، پروتوناً، بل جسيم ذو كتلة تعادل كتلة الإلكترون مع شحنة موجبة.

مع ذلك فإن أحداً لم يُشاهد أياً من هذه الإلكترونات المشحونة إيجابياً، بحيث رأى معظم العلماء أن اقتراحات «ديراك» ممتعة، ولكنها غير واقعية. فقد تكون مجرد تخمينات رجل نظري، يُعلِّق معنىً حرفياً كبيراً على علاقات رياضية. وإلى أن يَتحقق بعض المشاهدات الملائمة، كان لا بد من حفظ مفاهيم «ديراك» في ملف تحت عنوان: «مفيد، ولكن. .».

عندما كان «ديراك» منهمكاً في بناء نظريته، كان الخلاف الهوميري (*)

(*) نسبة إلى هوميروس، الشاعر اليوناني القديم ـ أي أن الخلاف استمر طويلاً ـ المترجم.

مستفحلاً بين الفيزيائيين حول طبيعة الإشعاعات الكونية. أصرّ أشهرهم، الفيزيائي الأميركي «روبرت أندروز ميليكان» Robert Andrews Millikan (1868 - 1953) على كونها رتلاً من موجات كهربائية مغنطيسية، حتى أنها أقوى وبالتالي أقصر في أطوال موجاتها من إشعاع غاما. وأصرّ آخرون، أشهرهم الفيزيائي الأميركي «آرثر هولي كومبتون» Arthur Holly Compton (1892 - 1962) على كونها تياراً من الجسيمات الثقيلة السريعة والمشحونة كهربائياً. (لن أترك القارىء معلقاً: لقد انتصر «كومبتون» انتصاراً تاماً وحاسماً).

خلال الجدل المحتدم، كان أحد تلامذة «ميليكان» ـ «كارل ديفيد أندرسون» Carl David Anderson (1905 -) يدرس تفاصيل تفاعل الأشعة الكونية مع جو الأرض. فالأشعة الكونية ذات الطاقة العالية، تصدم نوى الذرات في جو الأرض، وتُولّد رشاشاً من الجسيمات دون الذرية، التي لا تقل في طاقتها عن الأشعة الكونية الأولية ذاتها. وبدا من الممكن التفكير، انطلاقاً من الجسيمات الناتجة، في طبيعة الكيان الذي أدى إلى انتاجها، ثم التقرير ما إذا كان هذا الأخير ذا طبيعة إشعاعية أو جسيمية.

من أجل ذلك، استخدم «أندرسون» غرفة ضبابية محاطة بحقل مغنطيسي بالغ القوة. فالجسيمات التي تخترق الغرفة الضبابية (حيث الغازات فوق المشبعة مع بخار الماء)، تولّد شظايا من ذرات مشحونة (أو «أيونات» ions) تعمل كنوى لتوليد قطرات صغيرة من الماء. وبذلك يكون مرور الجسيمات موسوماً بخط دقيق من القطرات.

أكثر من ذلك، فبما أن الجسيمات المكتشفة بهذه الطريقة، كانت مشحونة كهربائياً، فإن مساراتها (وبالتالي خطوط القطرات) لا بد وأن تنحني بفعل الحقل المغنطيسي. فمسار الجسيم ذي الشحنة الموجبة سوف ينحني باتجاه، في حين ينحني مسار الجسيم المشحون سلبياً، باتجاه معاكس. وكلما ازدادت سرعة الجسيم وكبرت كتلته، تضاءل الانحناء.

والمشكل في هذا، أن الجسيمات الناتجة عن اصطدام الأشعة الكونية بالنوى، كانت كبيرة أو سريعة (أو الإثنين معاً) فلم تنحنِ بشكل بيّن. ورأى «أندرسون» انه لن يستخلص من مساراتها دليلاً يذكر ـ هذا إن حصل.

عندها، واتته الفكرة البارعة بوضع لوح من الرصاص كثافته 6 ملم، في مركز الغرفة الضبابية. فالجسيمات التي تصطدم باللوحة، تخترقها بفعل طاقتها

العالية، ولكنها تخسر هكذا قسماً لا بأس به من تلك الطاقة، فتخرج بأقل سرعة من السابق، وعندها يكون انحناء مسارها أكثر وضوحاً مما قد يسمح باستنتاج ما.

وفي آب/أغسطس 1932، كان «أندرسون» يدرس صور النتائج التي حصل عليها في الغرفة الضبابية، فاستوقفته إحداها بشكل خاص، إذ أظهرت مساراً منحنياً يشبه تماماً المسارات المنحنية التي ترسمها الإلكترونات السريعة.

كان المسار أشد انحناء في جهة اللوحة الرصاصية منه في الجهة الأخرى، فعرف من ذلك أن الدخول كان من جهة الانحناء الأضعف، وبعد اختراق اللوحة الرصاصية، تباطأت السرعة فازداد الانحناء في الجهة الثانية. ولكن لو أن الجسيم كان الكتروناً، لوجب أن يكون انحناؤه في الاتجاه المعاكس. ومن هذا الانحناء، أدرك «أندرسون» على الفور أنه اكتشف الكتروناً ذا شحنة موجبة ـ أي الإلكترون المضاد فعلاً.

وبالطبع، وُجِدت أمثلة أخرى سريعاً، وتبيّن ـ كما تنبأ «ديراك» أن الإلكترون المضاد سريع الزوال. فخلال جزء من المليار من الثانية أو ما يقاربه، لا بد له من الالتقاء بإلكترون آخر، فيكون الفناء المتبادل، وينتج عنه شعاعَا غاما، ينطلقان في اتجاهَين متعاكسَين.

وعلى الفور، نال «ديراك» جائزة نوبل للفيزياء، سنة 1933، كما نال «أندرسون» جائزة مماثلة سنة 1936.

ثمة أمر في هذا الاكتشاف، لا يروقني. فالجسيم الجديد، يحسن أن يُسمّى إلكتروناً مضاداً ـ كما كنت إسميه حتى الآن ـ لأن هذه التسمية تنطبق عليه تماماً بوصفه «الإلكترون النقيض». إلا أن «أندرسون» اعتبره إلكتروناً موجباً، وبالتالي، أخذ الأحرف الخمسة الأولى والأحرف الثلاثة الأخيرة من الجملة، فصاغ منها المصطلح «بوزيترون» Positron الذي أصبح إسمه منذ ذلك الحين.

بالطبع إذا سُمّي الإلكترون المضاد «پوزيتروناً»، يجب أن يُسمّى الإلكترون نفسه «نيغاتروناً» negatron. ثم إن اللاحقة «رون» «ron -» ليست اللاحقة التي تُميّز الجسيمات دون الذرية، بل «أون» (on-)، كما في پروتون وميزون وغلوون ولپتون وميون وپيون وفوتون وغراڤيتون الخ. فإذا أصرّينا على إعطاء الإلكترون المضاد اسماً خاصاً به، فالأحرى أن يكون «بوزيتون» Positon. وفي الواقع، جرت محاولة، عام 1947 لاعتماد هذا الاسم، وتسمية

الإلكترون باسم «نيغاتون» negaton، ولكنها فشلت فشلاً ذريعاً.
ومنذ ذلك الحين، اعتُمِدت التسمية «الكترون» و«بوزيترون» بشكل نهائي غير قابل للتغير. ولكن العلم مليء بتسميات مغلوطة تمناها علماء تحت تأثير نزوة ما. (وهكذا اخترع «موراي جِل ـ مان» Murray Gell - Mann، ذلك الاسم البشع «كوارك» quark للجسيمات الأساسية التي تؤلف البروتونات. لقد اشتقه من قصيدة (Finnegans Wake) ولكن هذا لا يقلل من بشاعته؛ ولعله لا يعرف أن كلمة «كوراك» تعني بالألمانية: قمامة).

عندما يكون لدينا الكترون مضاد، لا يمكن التوقف عنده. فتحليل «ديراك» الرياضي ينطبق مثلاً على البروتونات، تماماً كما ينطبق على الالكترونات. وبالتالي، فإذا كان ثمة الكترون مضاد، فلا بد من وجود «پروتون مضاد».
ومع ذلك، فبعد عقدين من اكتشاف الإلكترون المضاد، لم يظهر أي أثر للپروتون المضاد. فلماذا؟
لا سرّ في ذلك. فالكتلة هي شكل بالغ التركيز من أشكال الطاقة. إذ ان إنتاج أو توليد مقدار ضئيل من المادة، يتطلب مقداراً هائلاً من الطاقة. وإذا أردنا توليد عشرة أضعاف كتلة ما، علينا بذل عشرة أضعاف الطاقة، وبالتالي تصبح كمية الطاقة المطلوبة، مانعة.
وما دام الپروتون ذا كتلة تعادل 1 836 مرة كتلة الإلكترون (مجمّعة متراصّة في ذلك الحجم الصغير جداً لجسيم دون الذرّة)، فإن توليد پروتون مضاد واحد، يستلزم من الطاقة 1 836 مرة ما يستلزمه توليد الكترون مضاد.
تتألف الأشعة الكونية بالتأكيد، من تيارات سريعة لجسيمات ثقيلة ذات طاقات شديدة التفاوت في مراتبها. فبعض من الجسيمات الأسرع ـ وبالتالي ذات الطاقة الأكبر ـ له من الطاقة ما يفيض، لتوليد أزواج من الپروتونات والپروتونات المضادة. ولهذا السبب، فقد أنفقت سنوات في دراسة أحداث الأشعة الكونية بعناية عبر أنواع مختلفة من مِكشاف الجسيمات، أملاً في العثور على أي پروتون مضاد. (ولِمَ لا؟ ما عليك إلا أن تكتشف واحداً منها، وثق بأنك سوف تنال جائزة نوبل!)
ولكن هنالك مشكلة. فكلما ارتفعنا في مرتبة الطاقة، ينخفض عدد جسيمات الأشعة الكونية ذات الطاقة العالية. فالنسبة المئوية لجسيمات الأشعة

الكونية ذات الطاقة القادرة على توليد زوج پروتون ـ پروتون مضاد، لا تتعدى جزءاً ضئيلاً من المجموع. أي ان أي پروتون مضاد قد يتكوّن، من بين الخليط الكبير والمعقد من الجسيمات التي يولّدها قصف الأشعة الكونية، سوف يضيع في زحمة الجسيمات الأخرى.

أحياناً، يُخَيّل إلى أحدهم أنه اكتشف پروتوناً مضاداً، فيعلن عنه. إلا أن الدليل لم يكن حاسماً في يوم من الأيام. قد تكون الپروتونات المضادة موجودة، ولكن أحداً لا يمكنه الجزم بذلك.

كان المطلوب، مصدر للطاقة من صنع الإنسان، يمكن التحكم به وتحسينه لزيادة احتمالات توليد پروتونات مضادة واكتشافها، أي مُسرِّع للجسيمات، أقوى من كل ما صُنِع في الثلاثينات والأربعينات.

وأخيراً، في العام 1954، صُنع مسرع جسيمات يمكنه توليد الطاقات اللازمة. كان ذاك هو «البيڤاترون» Bevatron، في بركلي ـ كاليفورنيا. وفي سنة 1955، تم إعداد مخطط لإنجاز المهمة، على يد الفيزيائي الإيطالي ـ الأميركي «أميليو سيغري» Emilio Segrè (1905 -) وزميلة الأميركي «أوين تشامبرلين» (Owen Chamberlain) (1920 -).

كانت الخطة، أن يُقصَف (يُرجم) هدف نحاسي، بپروتونات ذات طاقة هائلة، وهذا يُولّد أزواجاً من الپروتونات والپروتونات المضادة، إضافة إلى عدد كبير من الجسيمات دون الذرية، على أن تمرر الجسيمات الناتجة جميعاً، عبر حقل مغنطيسي شديد. فالپروتونات وغيرها من الجسيمات ذات الشحنة الموجبة، تأخذ اتجاهاً معيناً، أما الپروتونات المضادة وغيرها من الجسيمات ذات الشحنة السالبة، فتأخذ الاتجاه المعاكس.

حُسِب أن الپروتونات المضادة سوف تسير بسرعة وبانحناء معيّنين. أما باقي الجسيمات ذات الشحنة السالبة، فسوف تكون أبطأ أو أسرع، ولكن بانحناء مختلف. فإذا وُضِع مكشاف في مكان ملائم، وأعِدّ ليعمل خلال لحظة معينة فقط (لحظة قصيرة للغاية) من اصطدام الپروتونات بالنحاس، يكون المكتشف عند ذاك هو الپروتون المضاد دون سواه. بهذه الطريقة، تم «بالفعل» اكتشاف تيارات من الپروتونات المضادة.

بالطبع، عند وجود پروتونات مضادة، فإنها لن تلبث أن تصادف الپروتونات العديدة التي تحيط بنا في الكون. لقد وجّه «سيغري» و«تشامبرلين» تيار

البروتونـات المفترض الـذي اكتشفاه، نحـو قطعـة من الزجـاج، فجرى عـدد لا يحصى من الفناء المتبادل، بين بروتونات التيار المضادة وبين بروتونات الزجاج، وأدّى إلى توليد جسيمات تسطيع السير داخل الزجـاج بأسـرع من الضوء (سـرعة الضوء هي القصوى، ولكن في الفراغ فقط). ومع تخطيها سرعة الضوء، خلّفت تلك الجسيمات وراءها أثراً من ضوء يسمى «إشعاع تشيرينكـوف» Cherenkov. كان هذا الإشعاع هو ما ينتج عن الفناء المتبادل بروتونات ـ بروتونات مضادة.

وبأي من الطريقتين ـ سـواء الاكتشاف المبـاشر للبـروتونـات المضادة، أو دراسـة الإشعاع النـاتج عن الإبـطال، فقد وجـد الدليـل الواضـح على اكتشـاف البروتونات المضادة. وبنتيجة ذلك، تقاسم «سيغري» و«تشمبرلين» جائـزة نوبـل للفيزياء سنة 1959.

في تلك الأثناء، تم اكتشاف العديد من الجسيمـات دون الذريـة، إضافـة إلى الإلكترون والبروتون. وبعد أن اكتشـف البروتون المضاد، أصبح من السهـل افتراض وجود نقائض للجسيمات الجديدة كذلك.

وتبيّن أن هذا صحيح. فكل جسيم معروف ذي شحنة كهربائية، له جسيم مقـابل ذو شحنـة مضـادة. هنـاك «الميـونـات المضـادة» و«البيـونـات المضـادة» و«الهيبرونات المضـادة»، و«الكواركـات المضادة»، الـخ. وعُرِّف كـل من هذه الجسيمات المضادة، بوضع البادئة anti [اللاحقة «مضـاد» بالعـربية]. ولا يشـذ عن هذه القاعدة سوى الإلكترون وحده. فهـو ما زال يسمى «بـوزيترون»، وهـذا ولا شـك لا يـروق لكـل من يقـدّر ـ مثلي شخصياً ـ قيمـة النـظام والأصـول في التسمية.

كل الأجسام «المضادة» يمكن تكديسها على أنها «جسيمات مضادة».

ولكن ماذا عن الجسيمات التي «ليس» لها شحنة كهربائية؟

سنـة 1932، اكتشف الفيزيـائي البريـطاني «جـايمس تشـادويـك» James Chadwick (1991 - 1974) «النيوترون» ذا الكتلة التي تزيد شعـرة ضئيلة عن كتلة البروتون، ويختلف عنه بكونه غير ذي شحنة كهربائية (نال «تشادويـك» على هذا جائزة نوبل في الفيزياء سنة 1935).

تبين أن النيـوترون هـو ثالث مكـونات الـذرّة الـرئيسيـة، وكـذلـك المـادة الاعتيادية عموماً. فأشهر نظائر الهيدروجين، الهيدروجين ـ 1، مؤلف من بروتون

وحيـد في نواتـه، ولكن سائـر الذرات الأخـرى، تتـألف نـواتهـا من پـروتـونـات ونيوترونات، وتترافق هذه النوى مع واحد أو أكثر من الإلكترونات في محيط الذرة الخارجي.

لم يكتشف بعد ذلك أي مكـوّن رئيسي آخر للذرات، ولا يُتـوقّع اكتشـاف مثل ذلك. فالمادة العادية تتألف من پروتـونونـات ونيوتـرونات والكتـرونات، ولا شيء آخر إطلاقاً. وكـل الجسيمات الأخرى دون الـذرية (وهي عـديدة) ليست سوى مظاهر غير مستقرة من الطاقة العالية، وإلا إن طال عمرها، تكـون موجـودة بذاتها، لا كجزء من المادة.

والآن، مـاذا عن النيوتـرون؟ الإلكترون هـو ذو شحنة سـالبة، في حين أن الإلكترون المضاد، ذو شحنة موجبة. والپروتون ذو شحنة مـوجبة، أمـا الپروتـون المضاد، فذو شحنة سالبة. ولكن النيوترون محايد (لا شحنة له)، فما هو نقيض «اللا شحنة»؟

مـع هذا، لم يتمـالك الفيـزيائيـون من التفكير في احتمـال وجود نيـوترون مضاد أيضاً، حتى مع استبعاد الشحنة الكهربائية.

وهكذا، كانت الفكرة انه لو تصادف اقتراب پروتـون من پروتـون مضاد في شبـه تلامس، فقـد لا يؤدي ذلـك إلى فنـاء متبـادل، بـل إلى إبـطال شحنتيهمـا الكهربائيتين، مما يخلّف جسيمين محايدين، قد يكونا نقيضين بشكل ما. بكلمة أخرى: نيوترون ونيوترون مضاد.

ومرة أخرى، إذا تكوّن نيوترون ونيوترون مضاد، فلا بد للنيوترون المضـاد من التصادم سريعاً مع نيوترون آخر، فيتم الفنـاء المتبادل، مع توليد جسيمـات بطريقة ما مميزة.

سنة 1956، اكتُشِف النيوتـرون المضاد فعـلاً، وفي سنة 1958، تم التـأكد من تفـاعل فنـائه، وبـذلك أصبحت الجسيمـات المضادة حقيقـة واقعة، بيـد أن اكتشاف النيوترون المضاد لم يؤدِّ إلى جائزة نوبل.

ولكن، كيف يختلف النيـوترون المضـاد عن النيوتـرون؟ من جهـة، ورغم كون النيوترون خلواً من أي شحنة كهـربائيـة إجماليـة، فإن لـه شيئاً مميـزاً، هو «التدويم» spin (الدوران حول نفسه) الذي يولّد حقلاً مغنطيسياً. أمـا النيوتـرون المضاد، فهو ذو تدويم في اتجاه معـاكس، وبالتـالي ذو حقل مغنـطيسي معاكس لحقل النيوترون.

سنة 1965، نجح الفيزيائيون في مصادمة پروتـون مضاد ونيـوترون مضـاد. في المـادة العاديـة، عندمـا يتصادم پـروتون مـع نيوتـرون، يؤلفان معاً نـواة ذرة الهيدروجين ـ 2 أو «الدوتيـريوم». فـالذي تكـوّن عندهـا، كان نـواة «الدوتيـريوم المضاد».

ومن الواضح أن نواة الدوتيـريوم المضـاد، ذات الشحنة السـالبة، يمكنهـا بسهولة أن تتشبث بإلكترون مضاد، ذي شحنة موجبة. وبهذه الطريقة تتكوّن «ذرة مضـادة». ومن الممكن مبدئيـاً أن تتكوّن «ذرات مضـادة» أكبـر حجمـاً. وتكمن المشكلة في مصادمة جميع الپروتونات المضادة مع النيـوترونـات المضادة، وفي نفس الوقت، منع حصول الفنـاء المتبادل نتيجة للتصادمات العشوائية مع المادة العاديّة.

كذلك يمكن أن نتصوّر تصادم الذرات المضادة فيما بينها لتكوين جزيئـات مضادة، بل وحتى تجمعات أكبر منها. مثل هذه التجمعات الكبيرة، سوف يكون «المـادة المضـادة» رغم أن هـذا التعبيـر يمكن تـطبيقـه حتى على الجسيمـات المضـادة ـ وهنا الجـواب على السؤال الذي أشـرت إليه في مـطلع هـذا المقـال والذي أثارته طالبة الحديث.

كان المفترض، ولفترة طويلة، أن كمية المادة المضادة في الكون مسـاوية لكميـة المـادة، مـا دامت الجسيمـات لا تتكـون إلا متـرافقـة مـع الجسيمـات المضادة.

ويتألف نظامنا الشمسي كلياً من مادة، وإلا لكان الفنـاء المتبادل يحـدث تكراراً بحيث تُكتشَف نتائجه. مثل هذا التفكير يقودنا في الـواقع إلى التـأكد من أن مجرتنا بكاملها مؤلفة من مادة فقط.

ولكن، الا يمكن أن تكون ثمة مجـرات مؤلفة بشكـل ما من مـادة مضادة دون سواها؟ ـ «مجرات مضادة» مثلاً؟ ان افتراض وجـودها فكـرة مغريـة، ولكن النظريات الحديثة توحي بأن الجسيمات والجسيمات المضادة لم تتكوّن بكميات متسـاوية عنـد الانفجار العـظيم. لقد تكـوّن فائض قليـل من الجسيمات، وهـذا الفائض «الضئيل» كان مع ذلك كافياً لبناء كوننا الشاسع.

وهنـاك سؤال آخر ـ هـل أن لجميع الجسيمـات بدون استثنـاء، جسيمـات مضادة؟ كلا. فبعض الجسيمات غير المشحونة (لا كلها) تشكل هي بحد ذاتها، جسيماتها المضادة، إذا صح التعبير. مثال ذلك، الفوتـون الذي هـو وحدة سـائر

الإشعاعات الكهربائية المغنطيسية، من إشعاع غاما، إلى موجات الراديو، بما فيها الضوء المرئي. فالفوتون هو في آن معاً، جسيم وجسيم مضاد، ولا وجود لأي «فوتون مضاد» منفصل، حتى نظرياً.

لو كان هناك «فوتونات مضادة» لكانت «النجوم المضادة» و«المجرات المضادة» تبث فوتونات مضادة. وعندها نتعرف إلى الأجسام البعيدة كمجرات مضادة من خلال دراسة الضوء الذي يصلنا منها. ولكن واقع الحال، أن المجرات المضادة ـ لو وجدت ـ سوف تبثّ نفس الضوء، كما المجرات، فلا تكون الفوتونات دليلاً على وجود مجرات مضادة أو على مواقعها.

والغرافيتون (الذي يتوسط تفاعل الجاذبية) هو هو كذلك جسيمه المضاد. أي انه لا يمكننا التمييز بين المجرات والمجرات المضادة البعيدة، بواسطة أي فارق في السلوك الجاذبي.

والپيون، أو الميزون المحايد (عديم الشحنة) هو مثال آخر للجسيم الذي هو نفسه جسيمه المضاد.

ـ وسؤال أخير. هل للمادة المضادة أي استخدام عملي، إن لم يكن حالياً، فربما ذات يوم؟

فلنناقش هذا الجانب من الموضوع في الفصل التالي.

16

أبحر! أبحر!

مع اقتراب المذنّب «هالي» Comet Halley سنة 1985، طلبت إليّ عدة مجلات كتابة مقال عنه.

كتبت المقال المطلوب لإحداها، فأعيد إليّ مع تعليق بأني جمعت فيه كل أنواع التفاصيل العلمية، وأهملت ما تريد أكثرية الناس معرفته: متى، وأين، يمكن مشاهدته بشكل أفضل؟

أجبت مشيراً إلى أن ذلك سوف يكون بلا جدوى، لأن المذنّب يمر على مسافة بعيدة من الأرض، وبزاوية تجعله عالياً في سمت السماء من نصف الكرة الجنوبي. ولكي نتمكن من مشاهدته، لا بد من السفر إلى الجنوب، وهو ما لا يستطيعه سوى قلة من قراء المجلة. وحتى ولو سافر أحدهم إلى الجنوب، فلن يشاهد، في أحسن الحالات، سوى رقعة صغيرة معتمة من الضباب.

كما عبّرت عن شيء من مرارتي حيال الدعاية الصاخبة والمفرطة التي أحيط بها موضوع المذنّب. وهذا من شأنه أنه يُخيّب آمال الكثيرين. قلت: «لا أريد زيادة الطين بلة».

إلا أن «بلاغتي» لم تعجب الناشر، فرفض المقال، ولم أنل أدنى مكافأة (لا تبكِ من أجلي يا قارئي العزيز، فقد بِعتُ المقال، دون تغيير أي حرف،

لمجلة أخرى أفضل من الأولى، وبمبلغ يساوي بالضبط ضِعفَي المبلغ الذي عُرض عليّ في السابق).

في كانون الثاني/يناير 1985، نشرت كتاباً عن طريق «دار ووكر وشركاه» Walker & Company، عنوانه: «دليل عظيموف عن المذنّب هالي»، ولم أقدّم فيه أي نصيحة مباشرة حول مشاهدته. وفي الواقع، لقد قلت بصراحة أن منظر المذنب لن يشكل مشهداً جميلاً. ولا تظنّن أن بعض مراجعي الكتاب لم يُخَطِّئوني على إغفال المعلومات المفصلة عن مشاهدته.

والذي أحزنني في كل هذا لم يكن أن المذنّب خيّب آمال العديد من الناس، بل أن الكثير منهم قد لا يكون تحرر من الوهم بالنسبة إلى العلم. وأتساءل كم اعتقد منهم أن إعتام المذنّب يعود إلى عجز علماء الفلك الذين أعدّوا المشهد.

ولا يسعني إلا التمني لو أن علماء الفلك كانوا أكثر وضوحاً في شرح ما سيكون عليه مظهر المذنّب، وأكثر استعداداً بقليل لشجب كل مبالغة إعلامية. إلا أنهم كانوا يركزون على تحليق الصواريخ المتوقع بمحاذاته، والذي تحقق بنجاح لا مثيل له (من الناحية العلمية).

غير أني سعيد لأن كل شيء انتهى. لقد قمت بنصيبي من الحديث والكتابة عن المذنبات (من دون مبالغة) حتى في سلسلة هذه المقالات. ويسرني أن أنتقل إلى موضوعات أخرى. فهنالك مثلاً موضوع السفر بين النجوم، وهو أمر مؤلوف في الخيال العلمي، ولكنه غالباً ما يبقى من دون معالجة ما خلا ذلك.

ومن الباحثين الرواد في هذا المجال، الدكتور «روبرت ل. فوروارد» Robert L. Forward من «مختبرات هيوز للأبحاث» Hughes Ressearch Laboratories، وهو إلى ذلك متحدث بارع. وكان عليّ أن أتحدث بعده، في ندوة أمام الجمعية الأميركية لتقدم العلوم، وحاولت جهدي للإجادة في الحديث، بحيث لا ينكشف ضعفي بالمقارنة..

فلأتناول إذن موضوع السفر في الفضاء، مستنيراً ببعض أفكار «بوب» التي سوف أبسطها بالطبع في سياق المقال.

حتى الآن، كانت كل مركبة أطلقت إلى الفضاء، سواء كانت مأهولة أو

غير مأهولة، وسواء كانت دون المدار أو في رحلة سبر بعيدة حتى الكوكب يورانوس، مدفوعة بمحرك يعمل على التفاعل الكيميائي.

بكلمة أخرى، لقد أطلقنا صواريخ تحمل وقوداً ومؤكسِداً (قل هيدروجين وأكسجين سائلين). وعندما يأخذ هذان السائلان بالتفاعل كيميائياً، ينتجان طاقة تدفع الغازات الساخنة عبر العادم، باتجاه معيّن، في حين يتحرك باقي الصاروخ بالاتجاه المعاكس، وفقاً لقانون الفعل وردة الفعل.

ونحصل على طاقة التفاعلات الكيميائية، على أنقاض كتلة النظام. فالكتلة هي شكل عالي التركيز من أشكال الطاقة. فحتى أي مقدار كبير من الطاقة (في المقياس البشري) يكون على حساب فقدان مقدار تافه من الكتلة.

وهكذا، لنفرض أن علينا أحراق 6 .1 مليون كلغ (حوالي 800 1طن) من الهيدروجين السائل في 8 .12 مليون كلغ (حوالي 400 14طن) من الأكسجين السائل، لننتهي إلى 4 .14 مليون كلغ (حوالي 200 16 طن) من بخار الماء. وكنتيجة لحساب سريع، يبدو لي انه لو وزنّا بخار الماء «بدقة» لوجدنا إنه أقل بغرام واحد، من مجموع كتلتي الهيدروجين والأكسجين الأساسي. فكل الطاقة الناتجة عن التفاعل الكيميائي لهذه الملايين من أطنان الهيدروجين والأكسجين، تساوي خسارة غرام واحد من الكتلة. وهذا يعني أن تفاعل الهيدروجين والأكسجين يطلق أقل من عشرة أجزاء المليار من كتلته، على شكل طاقة.

عندما نرى صاروخاً هائلاً ينطلق صعداً نحو السماء، يدوّي راعدا فيجعل الأرض تهتزّ تحت أقدامنا، فلنتذكر فقط عندها، أن كل هذه الضجة لا تمثل سوى نسبة ضئيلة جداً من الطاقة الموجودة، نظرياً، في تلك الكتلة من الوقود والمؤكسد.

قد نجد بعض المواد الكيميائية التي إذا اختلطت وتفاعلت، تفوق الهيدروجين والأكسجين في هذا المضمار، ولكن ليس بمقدار كبير. فجميع الوقود الكيميائية هزيلة (جديرة بالشفقة!) كمصادر للطاقة ويجب تجميعها بكتل ضخمة من أجل كمية الطاقة التي يمكن أن تنتجها. قد تكون الطاقة الكيميائية مناسبة تماماً للاحتياجات البشرية على سطح الأرض. حتى أن بالإمكان تجميع ما يكفي من الكتلة على المركبات الصاروخية لإمداد الطاقة من أجل رفعها إلى مدار وإلى استكشاف النظام الشمسي. أما بالنسبة إلى السفر في الفضاء «بين النجوم»، فلا أمل يُرجى من التفاعلات الكيميائية.

والفـارق بين رحلة من هنـا إلى الكـوكب بلوتـو، وبين رحلة إلى «أقـرب» النجـوم يعادل تقريباً الفارق بين نصف الكيلومتر وبين طول دائرة الكرة الأرضية. وبإمكاننا أن نُجذّف في قارب لمسافـة نصف كلم، ولكن لا يُحتَمل أن نفكـر في التجذيف حول العالم.

والـواقع أن الصـاروخ الكيميائي لا يحتـاج إلى «التجذيف» طـوال رحلته. فقد يبلغ سرعة معيّنة، ثم يتطوّح (أي ينطلق بقـوة الاندفـاع الحر). ولكن لا بـد من توفّر ما يكفي من الوقود لبلوغ تلك السرعة، ثم لإبطائها عند الـطرف الآخر، وللحفاظ ـ بين هذا وذاك ـ على حسن سير أجهزة ضمان البقاء، على مدى الفترة الزمنية الطويلة التي يستغرقها قبل هبوطه على أقـرب النجوم. إنـه مقدار هـائل، هـائل فعـلاً. فكمية الـوقود التي على مثـل هذه المـركبة أن تحملهـا، هي بكـل بساطة، مانعة.

وما لم نجد مصدراً آخر، أغنى بالطاقة من التفاعلات الكيميائية، فلا أمل في السفر بين النجوم.

اكتشفت الطاقة النووية مع بداية القرن العشرين. ففي حين تقتصر الـطاقة الكيميائية على إعادة ترتيب الإلكترونات في أبعاد الذرّة الخارجية، تتناول الطاقـة النـووية إعـادة ترتيب الجسيمـات داخل النـوى. وفي هذه الأخيـرة تغيّرات أكبـر بكثير في الطاقة، مما نجده في الأولى.

لنفرض إذن، أنه بـدلاً من إحراق الهيـدروجين في الأكسجين، نستخلص الطاقة من اليورانيوم، في سياق تحلله (اضمحلاله) الإشعاعي. فكم نحتـاج من اليورانيوم بداية، لتحويل غرام واحد من الكتلة إلى طاقة، خلال تحولّـه كلياً إلى رصاص؟

الجواب (أين حساباتي البدائية؟) هو أن 285 4 غـراماً من اليـورانيوم عنـد تحللها تماماً، سوف تحوّل غراماً واحداً منها إلى طاقـة. وهذا يعني أن 0.023% فقط من كتلة اليورانيوم، سوف يتحول إلى طاقة. ولكنه أكثر من ثلاثة ملايين مرة بقليـل، من الطاقـة التي توفـرها لنـا كتلة مسـاويـة في تفـاعـل الهيـدروجين مـع الأكسجين.

بيد أن هنالك عائقاً. فالتحلل الإشعاعي لليورانيـوم، ومعه إنتـاج الطاقـة، يجري ببطء شديد. فلو بدأنا مع 285 4 غراماً من اليورانيوم، فـإن نصف الطاقـة

الناتجة عن تحلله سوف يكون بعد 46 .4 مليار سنـة، في حين أن 95%من طاقـة تحلله سوف يستغرق 18 مليار سنة!

فمن ذا الذي يمكنه الانتظار؟

هـل يمكن تسريـع التحلل؟ خلال الثلث الأول من هـذا القـرن، لم يكن هنالك من وسيلة عملية لتحقيق ذلك. فلكي نحدث إعادة تغيير نووي، علينـا أن نقصف النواة بجسيمات دون الذرية. وهذه طريقة عقيمة، لأن الـطاقة المـطلوب توظيفها، تفوق بعدة مرات تلك التي يمكن استخلاصها من النوى المستهدفة في العملية.

كان هذا هـو السبب الذي جعـل «أرنست راذرفورد» Ernest Rutherford يشعر بأن لا أمـل يُرجى من إمكـان استخدام الـطاقة النـووية عمليـاً وعلى نطاق واسع. لقد وصف هذه الأفكار بأنها «ضـوء القمر» (أي هراء) moonshine. ولم يكن الرجل سـاذجاً، فهـو مُدرَج على قـائمتي كواحـد من أعظم علمـاء التاريـخ العشرة. وكان أن تُوفّي سنة 1937 قبـل أن يتمكن من استباق عمليـة الانشطار. . فلو أمدّ الله بعمره سنتين أخريين وربع السنة. .

في حين تتحلل ذرات اليـورانيوم، طبيعيـاً، بـأجـزاء وشـظايـا صغيـرة في إشعـاعه العـادي، ففي انشطار اليـورانيوم، تنشـطر الـذرة إلى قسمين متسـاويين تقريباً. وهذا يطلق المزيد من الطاقة عما يطلقه التحلل الإشعاعي الطبيعي.

إن حوالي 077 1 غراماً من اليورانيوم المنشطر، يُحـوّل غرامـاً واحداً منهـا إلى طاقة مع انتهاء العمليـة. وهذا يعني أن 093 .0% من كتلة اليورانيوم يتحـول إلى طاقة بالانشطار. وهو يعادل أربعة أضعاف مـا يمكن أن ينتجه مقـدار مماثـل من وزن اليورانيوم الذي يتحلل بالإشعاع الطبيعي.

بالإضافـة، فإن التحلل الإشعـاعي الطبيعي لا يمكن تسـريعه بـأي طريقـة عملية. أما انشطار اليورانيوم فيسهل افتعاله بسرعة انفجارية صـاعقة. وبـالتالي، فإذا تمكنّا بشكل ما من استخدام الانشطار النووي في دفع المركبات الفضـائية، فسوف يكون لدينا مصدر طاقة أغنى من التفاعـلات الكيمائيـة بحوالي 12 مليـون مـرة. وهذا سـوف يزيـد بالـطبع من احتمـال القـدرة على القيـام بـرحـلات بين النجوم. ولكن هل يزيد الاحتمال بشكل مقبول؟

يشير «بوب فوروارد» أن باستخدام انشطار اليورانيوم لتـوليد الـدفع الخلفي في العادم، قد تتمكن المركبة الفضائية، خلال خمسين عامـاً، من الوصـول إلى

مسافة 200 مليار كلم (125 مليار ميل) عن الشمس.

وهـذا ما يعـادل 16 مرة بُعـد پلوتـو عن الشمس، وبـالتـالي يعتبـر مسـافـة محترمة. ولكنه يبقى مقصّراً، إذ لا يمثل سوى 1/200 من بُعد «أقرب» نجم. ولا بـد أن استغراق المـركبة 000 10 سنـة لبـلوغ «كوكبـة الظلمـان» (ألفا قنـطورس) Alpha Centauri لا يزال يستدعي الكثير من التحسين.

إلا أن الانشطار ليس الأقصى والنهائي. ولا يزال بالإمكـان الحصول على المزيد من الطاقة بواسطة الاندماج النووي. فانـدماج أربـع نوى هيـدروجين إلى نواة واحدة هليوم، عملية بالغة الغنى بالطاقة.

ينبغي 146 غراماً من الهيـدروجين المندمـج، لتحويـل غرام واحد منه إلى طـاقـة عنـد نهـايـة الانـدمــاج. وهـذا يعني أن 685 .0٪ من كتلة الهيــدروجين المنـدمج، يتحـول إلى طاقـة، أي 36 .7 أضعاف الـطاقـة النـاتجـة عن انشـطار اليورانيوم.

بالطبع، لا نملك حتى الآن اندماجاً متحكماً به، ولكن لدينا انـدماج غيـر متحكم به، على شكل قنابل هيدروجينية. وهكذا، فقد أمل بعض الناس بالسفر عبـر الفضاء، عن طـريق تفجير قنبلة هيـدروجينية بعـد أخـرى، خلف المـركبـة الفضائية.

يندفع حطام انفجارات الاندماج خارجاً في كـل اتجاه، ويصـدم قسم منـه «لوحة دفع» مربوطة إلى المركبة، ويجري امتصاص الصـدمة بمـاصّات صـدمات shock absorber قوية، تنقل الزخم بنسبة معقولة إلى المركبة نفسها.

تخيّل «فريمان دايسون» Freeman Dyson سنـة 1968 سفينة فضـائية تـزن 000 400 طن، وتحمل 000 300 قنبلة اندماجية، زنة الواحدة منها طن واحد. فإذا فُجِّرت كل هذه القنابل خلف المركبـة كل ثـلاث ثواني، يمكن تسـريع السفينـة بمعدل تسريع الجاذبية (1 g) أي أن كل شخص على متنها سوف يشعـر بجاذبيـة ظـاهريـة اعتياديـة في اتجاه القنـابل المنفجـرة. وسوف تـرتفع السفينـة كمصعد يتسـارع بانتـظام، وهـذا التسـارع يشـد القـدمين إلى «الأرض» - أي إلى مؤخـرة السفينة.

خلال عشرة أيام، تكون القنابل الـ 000 300 قد استُنفِدت، وبلغت السفينة سـرعة 000 10 كلم (000 6 ميـل) في الثانيـة. فـإذا كـانت السفينـة مـوجهـة في الاتجاه الصحيح، وتطوّحت بهذه السرعة، فسوف تبلغ كوكبـة الظلمـان بعد 130

سنة. وإذا أردنا الهبوط على أحد الأجرام الدائرة حول واحد من نجوم ذاك النظام، فلا بد لنا من حمل 300 000 قنبلة هيدروجينية أخرى، وتفجيرها في مقدمة السفينة ـ أو قلب اتجاه السفينة عكساً بواسطة محركات عادية ذات تفاعل كيميائي، ثم تفجير القنابل الهيدروجينية خلف السفينة من جديد، حيث تكون مؤخرتها في مواجهة كوكبة الظلمان.

إن بلوغ كوكبة الظلمان في غضون 130 سنة، أفضل بكثير من بلوغها في 10 000 سنة. ولكنه يعني مع ذلك أن المسافرين الأول سوف يقضون حياتهم على متن السفينة، وإن أحفادهم على الأرجح هم الذين سوف يهبطون في مكان ما من نظام كوكبة الظلمان الكوكبي. والأكثر من ذلك انه لا يمكننا الاعتماد على تأثير النسبية التي تجعل الوقت يبدو أقصر مما هو بالنسبة إلى الطاقم. فحتى مع سرعة 10 000 كلم / ثانية (أي 1/30 من سرعة الضوء)، تبقى تأثيرات النسبية تافهة لا تذكر، بحيث لا تنقص تلك المدة سوى ساعة واحدة أو ما يقاربها.

غير أن الأمور قد تكون أفضل، إن نحن تمكنّا من التحكم بالاندماج، وأمكننا الحفاظ على مثل هذه التفاعلات في السفينة لمدة أطول، فنجعل منتجات تفاعل الاندماج تنبعث خارجاً إلى الخلف، بمعدل مستقر، يمكن ضبطه، بحيث يتدفق في نفث يُسارِع اندفاع السفينة في الاتجاه المعاكس، كعادم الصاروخ تماماً. بهذه الطريقة، تكون كل طاقة الاندماج موجهة نحو التسارع، بدل الجزء اليسير من قوة القنابل المنفجرة الذي يصادف كونه مواجهاً للوحة الدفع، في حين يضيع معظم الطاقة متفرقاً هدراً في فراغ الفضاء.

ثم إن تفاعل الاندماج الموجه، سوف يمد السفينة بالطاقة على الدوام، بدلاً من سلسلة صدمات متتابعة. ومع ذلك، فلا أعتقد أن الوقت المستغرق لبلوغ كوكبة الظلمان سوف يخفّض إلى ما دون القرن.

إلى ذلك، فحتى اندماج الهيدروجين، يحول أقل من 1٪ من الوقود إلى طاقة.

فهل من سبيل إلى تحسين ذلك؟

أجل، هنالك شيء كالمادة المضادة (لقد ناقشت هذا في الفصل السابق).

فالمادة المضادة سوف تتفاعل مع المادة، وسوف تفنى، في سياق العملية، كل المادة المتفاعلة. وهكذا فإن نصف غرام من المادة المضادة، مع نصف غرام من المادة، يولّدان من الطاقة أكثر مما يُولّد اندماج غرام من

الهيدروجين بـ 146 مرة، أو 075 1 مرة أكثر مما يولده انشطار غرام من اليورانيوم، أو عدة مليارات من المرات أكثر مما يولده احتراق غرام من الهيدروجين في الأكسجين.

ان الشكل الأسهل توفراً من المادة المضادة، هو الإلكترون المضاد (أو البوزيترون). فإذا كان للإلكترونات المضادة أن تتفاعل مع الإلكترونات، فسوف تولّد طاقة صافية على شكل فوتونات إشعاع غاما. وهذه تنطلق في كل الاتجاهات ويصعب توجيهها جميعاً داخل عادم.

ثاني الأسهل، هو البروتون المضاد، أي نواة ذرة الهيدروجين المضادة، في حين أن البروتون هو نواة ذرة الهيدروجين. ويمكننا، تسهيلاً، التحدث عن هيدروجين مضاد وهيدروجين.

إذا سُمِح للهيدروجين المضاد وللهيدروجين بالتفاعل، فسيكون معظم نتاجهما خليطاً من جسيمات غير مستقرة: «بيونات» Pions و«بيونات مضادة» antipions وبما أن هذه، مشحونة كهربائياً، فمن السهل حصرها في عادم صاروخ سريع، لدفع السفينة إلى الأمام. تتحوّل «البيونات» Pions و«البيونات المضادة» antipions إلى «ميونات» muons و«ميونات مضادة» antimuons خلال لحظة وجيزة، وبعد فترة أطول نسبياً، تتحوّل الميونات والميونات المضادة إلى الكترونات والكترونات مضادة. وفي النهاية، تتحول كتلتا الهيدروجين والهيدروجين المضاد بالكامل إلى طاقة باستثناء مقدار ضئيل، يُفلِت على شكل الكترونات وغير ـ الكترونات بقيت من دون تفاعل.

وبالإمكان إضافة كمية كبيرة من الهيدروجين العادي إلى الخليط المتفاعل. فيسخن هذا الهيدروجين إلى درجات هائلة، وينفلت من عادم الصاروخ، فيزيد من تسارع السفينة.

حسب «فورواد» أن 9 كلغ من الهيدروجين المضاد، مع أربعة أطنان من الهيدروجين يمكنهما تسريع السفينة الفضائية إلى عُشر (1/10) سرعة الضوء، أي 000 30 كلم (700 18 ميل) في الثانية. وهذا يعني الوصول إلى كوكبة الظلمان خلال 40 سنة.

ولعلنا، إذا استخدمنا المزيد من المادة المضادة، قد نبلغ سرعة تعادل خمس (1/5) سرعة الضوء، أي 000 60 كلم (500 37 ميل) في الثانية. في هذه الحال، سوف تستغرق الرحلة إلى كوكبة الظلمان، ذهاباً وإياباً، 40 عاماً، أي

بإمكان الإنسان أن يسافر إليها وأن يعود خلال فترة حياته. ويمكن التصوّر، مع افتراض كون السفينة الفضائية فسيحة ومريحة بشكل مقبول، أن يرضى بعض الشبان بتكريس حياتهم لمثل هذه الرحلة.

ـ لكن هناك عقبات كبيرة.

أولها أن البروتونات المضادة في هذا القسم من الكون وربما في الكون ككل لا توجد إلا بكميات ضئيلة للغاية. ولا بد والحال هذه من تصنيعها.

يمكن هذا عن طريق قصف أهداف معدنية ببروتونات بالغة السرعة، حيث تتحول الطاقة المنطلقة إلى جسيمات، بعضها بروتونات مضادة. في هذا الوقت، يكون عدد البروتونات المضادة المتكونة، اثنين من أصل كل 100 مليون بروتون قُصِفَ بها الهدف. وبالطبع فإن محاولة جمع ما يكفي من البروتونات المضادة لمهمة فضائية على هذه الوتيرة، سوف تكون عملية طويلة جداً، ولكن يؤمل أن تتحسن فعالية إنتاج البروتونات المضادة.

بعد أن يتم إنتاج البروتونات المضادة، تبرز مسألة أخرى. فالبروتونات المضادة سوف تتفاعل فوراً مع أي بروتون تصادفه، فكل جزء من المادة العادية يحتوي على بروتونات. إن مهمة منع الهيدروجين والأكسجين من الانفجار غير المتحكَّم فيه قبل إتمام الاستعداد لحرقهما بشكل منظم، لا تُعَدّ شيئاً بالمقارنة مع مهمة منع البروتونات المضادة من الانفجار المسبق بشكل بالغ العنف.

عند تكوّن البروتونات المضادة، يجب عزلها عن كل مادة والإبقاء عليها معزولة إلى أن يتم الإعداد لمفاعلتها مع البروتونات. وهو ما ليس مستحيلاً، رغم صعوبته. يمكن تصور هيدروجين مضاد جامد، يُختزَن في فراغ تتألف «جدرانه» من حقول كهربائية أو مغنطيسية. فإذا تحقق هذا في يوم من الأيام، فإن السفن الفضائية المدفوعة بالهيدروجين المضاد، قد تنطلق من الأرض، فتصل إلى المريخ في غضون أسابيع، وإلى نبتون في أشهر، وإلى أقرب نجم في عقود.

وفي كل ما وصفت حتى الآن، لا بد للسفن الفضائية من حمل الوقود. والوقود ذو التركيز الأقصى المعروف، هو البروتون المضاد. ولكن ماذا لو استغنينا عن الوقود كلياً؟

قد لا نحتاج إلى أي من أنواع الوقود إذ كان الوقود موجوداً حولنا في الفضاء، وهو يتواجد بشكل ما. فالفضاء ليس فارغاً حقاً، ولا حتى في ما بين

المجرات، وبالتأكيد بين النجوم في المجرات. فهناك ذرات (أو نوى) مبعثرة من الهيدروجين في كل مكان.

ولنفرض اننا أطلقنا سفينة مع الحد الأدنى من الوقود العـادي الكافي لبلوغ سرعة تُمكّنها من اغتراف ما يكفيها من الهيدروجين الفضائي. يمكن عندها دمج هذا الهيدروجين، وطـرد نتاج الانـدماج عبـر العادم نحـو الخلف، كمُضاف إلى الوقود أولاً، ثم كبديل عنه.

عندها يمكن تسريع السفينة إلى ما لا نهاية، إذ لا خـوف من نفاد الـوقود. وكلما ازدادت السرعة، يزداد اغتراف الوقود في الوحدة الزمنيـة. وهذا مـا يسمى «المحرك النفاث التضاغطي الفضائي» insterstellar ramjet، وباستخدامه يمكن أخيـراً بلوغ سرعـات تقارب سـرعة الضـوء حسبما نشـاء. ومع حسـاب التسارع والتباطوء، يمكن تحقيق الرحلة إلى كوكبة الظلمان، ذهاباً وإياباً، خلال 15 عاماً.

هذا ما قـد تستغرقـه الرحلة بـالنسبة إلى المقيمين على الأرض. أمـا رواد الفضاء أنفسهـم، فسوف يجدون، مع السرعات العـالية جـداً، بطئـاً ظاهـرياً في مرور الزمن. فالذي يبدو وكأنـه 15 سنة للمقيمين على الأرض، قـد لا يتجاوز 7 سنوات بالنسبة إلى رواد الفضاء.

و 7 سنوات من حياة الإنسان، فترة لا يستهان بها. فهي تمثـل فقط ضعف المـدة التي أمضاهـا الباقـون على قيد الحيـاة من رحلة «ماجـلان»، قبل حـوالي خمسة قرون من الآن في إتمام أول رحلة حول الكرة الأرضية في التاريخ.

أكثر من هذا: فلو استمر التطوّح بسرعة قريبة جداً من سرعة الضوء، فـإن القليـل جداً من الـزمن الإضافي سـوف ينقضي بـالنسبـة إلى رواد الفضـاء. فلو أرادوا السفر إلى الطرف الآخر من المجرة، أو إلى مجرة قريبـة تبعد بحـدود مئة مليون سنة ضوئية، فسوف يرون أن الوصول يستغرق بعض الشهور الإضـافية في الحال الأولى، وحوالي سنتين في الحال الثانية.

بالطبع سوف يعودون ليروا أنـه انقضى على الأرض مئة ألف أو مئـة مليون سنة، وهذا ما قد يفسد متعتهم. ومع هـذا فقد يبـدو أن قضية السفـر في الفضاء بواسطة المحرك النفاث التضاغطي الفضائي سوف تلقى حلاً.

ولكن هنـاك عوائق. فلكي نجمـع الهيدروجين الكـافي من الفضاء، ومـع الافتـراض أنـه يحـوي 1 000 ذرة في كـل سنتيمتـر مكعب، نحتـاج إلى مغـرفـة بعـرض 100 كلم (61 ميلاً) أو أكثـر، وهذا يفتـرض أن ذرات الهيدروجين مؤيّنـة

وبالتالي تحمل شحنة كهربائية بحيث يسهل اغترافها بواسطة حقول كهربائية أو مغنطيسية ملائمة.

بيد أن الفضاء حول الشمس، مع الأسف، قليل الهيدروجين، إذ لا يحوي منه سوى 0.1 ذرة هيدروجين في كل سم[3]. ولهذا يجب أن يكون عرض المغرفة 000 10 كلم (100 6 ميل) ومساحتها خمسَي (2/5) مساحة الكرة الأرضية. والأكثر من ذلك أن ذرات الهيدروجين في جوارنا ليست مؤينة وبالتالي يتعذر تجميعها بسهولة. (وقد لا يكون هذا حظاً سيئاً للغاية، فلو كان جوارنا كثيف المحتوى من الهيدروجين المؤين، فقد نكون على مقربة من شيء عنيف يجعل احتمال بقاء الحياة على الأرض أمراً مشكوكاً فيه).

إلى ذلك، فحتى لو تمكنّا من اغتراف ما يكفي من الهيدروجين، ودفعه إلى محركات الاندماج، فقد لا يكون مفيداً من الناحية العملية، أن تتجاوز سرعة السفينة الفضائية خمس (1/5) سرعة الضوء.

ففي الواقع، كلما تزايدت السرعة، تزايدت صعوبة تفادي التصادمات مع الأجسام الصغيرة، وبالتالي تزايد الأذى الذي تسببه هذه التصادمات. فحتى ولو أسعفنا الحظ في تفادي سائر الأجسام الكبيرة، فمن المستبعد أن نتمكن من تفادي الغبار والذرات الفردية المنتشرة في الفضاء.

وبسرعة تعادل خُمسي (2/5) سرعة الضوء، قد لا يسبب الغبار والذرات ضرراً كبيراً، حتى طوال رحلة تستغرق 40 عاماً. ولكن كلما ازدادت السرعة، تفاقم الضرر - إذ يستحيل الفضاء كاشطاً حافاً كالمبرد.. وعندما نقارب سرعة الضوء، تصبح كل ذرة هيدروجين جسيم إشعاع كوني «يقلي» الطاقم.. (إن ذرة أو نواة الهيدروجين التي تصدم السفينة بسرعة قريبة من سرعة الضوء، هي جسيم إشعاع كوني، ولا فرق في كون السفينة تصدم ذرة أو نواة هيدروجين بسرعة الضوء تقريباً). وكما يقول «سانشو پانزا» Sancho Panza: «سواء أصاب الحجر الرامي، أو أصاب الرامي الحجر، فليس الأمر في صالح الرامي.» وهكذا فإن سرعة 000 60 كلم في الثانية، قد تبدو السرعة «العملية» للسفر في الفضاء.

وحتى النفاث التضاغطي الفضائي، يعتمد مبدأ الصاروخ. إلا أن «فوروارد» يتحدث عن «صواريخ غير صاروخية». فقد يمكن دفع السفينة بحُبَيبات تنطلق من داخل النظام الشمسي، أو بواسطة أحزمة أشعة مايزر

Maser أو ليزر Laser.

هذه الأجهزة قد تغني كذلك السفينة الفضائية عن حمل وقودها الخاص، كما تسمح بسرعات تقارب سرعة الضوء. وهي تتميّز عن النفاث التضاغطي، بأنها لا تتوقف على الفضاء المحيط بها، ذي الخصائص الفريدة التي يصعب توفرها.

بالطبع، سوف تكون الصعوبات التقنية هائلة. فمثلاً، يجب أن تصدم أشعة الليزر غشاءً رقيقاً جداً من الألومينيوم على شكل شراع بقطر 1 000 كلم بحيث لا يقل وزنه ـ مهما كان دقيقاً ـ عن 80 مليون كلغ أو نحو ذلك.

وعلى الرغم من هذا، فإن السرعات التي تزيد عن خُمس (1/5) سرعة الضوء تبقى غير عملية.

أعتقد والحالة هذه، إن رحلة ذهاب وإياب خلال 40 عاماً، هي أفضل ما يمكننا القيام به، إذا أردنا استكشاف الفضاء بين النجوم في حدود حياة رائد فضائي. وحتى هذا، فلن يوصله إلى أبعد من أقرب نجم. وهو أمر لا يستهان به طبعاً، إذ سوف يسمح لنا بدراسة مفصلة لنجم آخر، شديد الشبه بشمسنا (الظلمان A) Alpha Centauri A، وآخر أصغر وأعتم منه بشكل واضح (الظلمان B) Alpha Centauri B وثالث، هو قزم أحمر صغير (الظلمان C) Alpha Centauri C ـ بصرف النظر عن أي جسم كوكبي يدور حول أيّ من الثلاثة.

وإذا قُيّض لنا إقامة حضارة مستقلة في نظام كوكبة الظلمان، فسوف يمكنها إطلاق سفن فضائية بعيداً عنا، لبلوغ نجم ضمن حدود حياة الرائد الفضائي، الأمر الذي لا نستطيعه من هنا.

بهذه الطريقة، يمكن لموجة استكشاف أن تقفز خارجاً في كل اتجاه على مراحل، بحيث تتمكن كل قاعدة جديدة من بلوغ نجم أو اثنين أو ثلاثة، يتسنى للقواعد الأخرى بلوغها. عندها، تنتشر الإنسانية عبر المجرة خلال عدة مئات من آلاف السنين.

ولا يتوقف الاتصال على السفر وحده. فكل عالم جديد، يمكنه الإبقاء على الاتصال مع العوالم الأخرى المجاورة عبر إشارات تنتقل بسرعة الضوء، وتصل الأخبار من عالم لآخر عبر محطات ترحيل relay، وتنتقل من طرف

المجرة إلى طرفها الآخر في غضون مئة ألف سنة أو نحوها.

إلا أن هـذا كله، لا يشكـل نـوع السفـر في الفضـاء، أو «الإمبـراطـوريـة المجرّية» التي نصفها نحن كتّاب الخيال العلمي باستمرار.

كلا. فالذي نريده بكل بساطة، أن يكـون هناك سفـر بأسـرع من الضوء، ولا شيء سوى ذلك. لقد كان هـذا قِوام شغفنـا، منذ أن أدخله «أ. أ. سميث» E. E. Smith في «قُبَّرة الفضاء» The Skylark of Space عندما نُشِـر سنة 1928. ومنذ ذلك الحين، اتبعه كل الناس، بمن فيهم أنا شخصيـاً (مع، أو بـدون شرح مقبول).

ولسوء الحظ، وبما أنني لا أرى في الأفق مـا يشير إلى أي احتمـال عملي يمنحنـا سرعـة تفوق سـرعة الضـوء، فالـذي أخشـاه هـو أن تبقى امبـراطـوريتي المجرّية لسلسلة «المؤسسة»، وإلى الأبد. . خيالاً علمياً.

ولكن، أحـذركم، بأنني مصمم كـل التصميم على اعتمادهـا، تمامـاً كما هي.



القسم الرابع

غير اعتيادي

17

نسبية الضلال

منذ بضعة أيام، تلقيت رسالة من أحد القراء. كانت مكتوبة باليد، وبخط رديء تتعذر قراءته. ومع ذلك، حاولت استقراءه في حال قد تبيّن أنه مهم.

في الجملة الأولى، قال لي أنه يتخصص في اللغة الإنكليزية، ولكنه شعر بأن عليه تعليمي العلوم. . (تنهدت قليلاً، إذ لم أكن أعرف الكثيرين من متخصصي الأدب الإنكليزي، المؤهلين لتعليمي العلوم، غير أني أعي تماماً مدى جهلي الواسع، واستعدادي لتعلّم أقصى ما أستطيع من أي إنسان، مهما كان وضيعاً في السلّم الاجتماعي. وهكذا أكملت القراءة).

يبدو أنني في واحد من مقالاتي التي لا تحصى، هنا وفي غير مكان، عبّرت عن شيء من الاغتباط، لكوني أعيش في عصر عرفنا فيه أخيراً أساس تسلسل الكون.

لم أدخل في تفاصيل الموضوع، ولكن الذي عنيته هو اننا الآن نعرف القوانين الأساسية التي تحكم الكون، وكذلك علاقات الجاذبية المتبادلة بين مكوّناته الإجمالية، وفقاً لما تبيّنه نظرية النسبية التي تم وضعها بين سنتَي 1905 و1916. ونعرف أيضاً القوانين الأساسية التي تحكم الجسيمات دون الذرّية وعلاقاتها إذ أنها محددة في نظرية الكم (النظرية الكمومية) التي وضعت بين

عـامَي 1900 و 1930. والأكثـر من ذلـك، لقـد وجــدنـا أن المجــرات وحشُـود المجرات، هي الوحدات الأساسية للكون المادي (الفيزيـائي) وفقاً لمـا اكتُشِف بين عامَي 1920 و 1930.

وهذه كلها كما نرى، اكتشافات القرن العشرين.

بعد أن استشهد بما قتل، راح الشـاب المتخصص في الأدب الإنكليزي، يحـاضر عليّ بقسـوة، أن الناس في «كـل» عصـر، اعتقـدوا أنهم فهمـوا الكـون أخيراً، وتبيّن في «كل» عصر، أنهم كانوا على خطأ. وبالتالي فإن الشيء الوحيد الذي يمكننا قوله حول «معرفتنا» العصرية، هو أنها «خاطئة».

ثم استشهـد الشاب محبـذاً بـ «سقراط» الـذي قال عنـدما بلغـه أن كـاهن «دلفي»(*) The Delphic Oracle أعلن أنـه أحكم رجـل في اليـونـان: «إذا كنت أحكم مَن في اليونان، فذاك لكوني أدرك إني لا أعرف شيئاً!» كـان فحوى ذلـك انني سخيف جداً إذ أشعر بأني أعرف الكثير..

مع الأسف، لم يكن أيّ من هذا جديداً عليّ. (قليل ما هو جديـد عليّ، وأتمنى أن يدرك هذا الذين يراسلونني). فهذه المقولة بالـذات، سبق أن وُجِّهت إليّ قبل ربع قـرن، من قِبل «جـون كامبل» John Campbell الذي تخصص في إثارتي. وقال لي كذلك أن جميع النظريات تثبت خاطئة في حينه.

كـان جوابي لـه: «جون، عنـدما ظن النـاس أن الأرض مسطحـة، كـانـوا مخطئين. وعندما ظنوا أن الأرض كروية، كانوا مخطئين. ولكن إذا كنت ترى أن الاعتقـاد بكون الأرض كـروية هـو «بنفس النسبة من الخـطأ» كالاعتقـاد بكـونهـا مسطحة، فعندها تكون نظرتك أكثر خطأً من الإثنتين معاً».

وكمـا تـرون، فـالمشكلة الأسـاسيـة هي في اعتقـاد النـاس أن «الخـطأ» و «الصواب» مطلقان، وأن كل ما هو غير صحيح بالكامل يكون خطأً بالكامل.

ولا أعتقـد أن الأمر كـذلك. بـل يُخيّل إليّ أن الخـطأ والصواب مفهـومان مشوَّشان، وسأكرّس هذا المقال كي أفسّر لماذا أعتقد ذلك.

فـلأتخلص أول الأمر من «سقـراط»، لأني مللت ذلك الادعـاء بـأن إدراك الإنسان لكونه لا يعرف شيئاً هو من علائم الحكمة.

(*) مدينة يونانية قديمة.

ما من أحد «لا يعرف شيئاً». ففي غضون أيام، يتعلم المواليد التعرف إلى أمهاتهم.

ولا شك في أن «سقراط» يوافق، ويشرح بأن معرفة التوافه ليست تعنيه. وهو يعني أن في الغيبيات (التجريديات) الكبرى التي تتجادل حولها الكائنات البشرية، يجب أن لا ينطق الإنسان من مفاهيم مسبقة وغير متفحصة، زعماً بأنه، وحده، يعرف ذلك. (إدّعاء متعجرف!).

ففي مناقشاته لمواضِع مثل: «ما هي العدالة؟» أو «ما هي الفضيلة؟»، اتخذ موقف مَن لا يعرف شيئاً، ويحتاج إلى أن يُعلّمه الآخرون. (وهذا ما يعرف بـ «سخرية سقراط» لأنه كان مدركاً تماماً بأنه يعرف الكثير، أكثر من أولئك المساكين الذين عناهم). فبادّعائه الجهل، كان «سقراط» يغري الآخرين بإبداء نظراتهم حول مثل تلك الغيبيات. ثم يعمد، عبر سلسلة من الأسئلة الجاهلة ظاهرياً، إلى استدراج الآخرين نحو خليط من التناقضات الذاتية، بحيث يفحمهم، فيسلّمون بأنهم لا يعرفون ما يتحدثون عنه.

إنها علامة ذلك التسامح اليوناني الرائع لدى الأثينيين إذ أتاحوا لهذا أن يستمر طوال عقود، حتى أصبح «سقراط» في السبعين من عمره، حين انقلبوا وأجبروه على شرب السم.

والآن، من أين جاءنا المفهوم بأن «الصواب» والخطأ» هما مطلقان؟ يبدو لي أن هذا يعود إلى المراحل المبكرة، حين كان الصغار الذين لا يعرفون سوى القليل، يتعلّمون من أساتذة يعرفون أكثر منهم بقليل.

يتعلم الأولاد الصغار التهجئة والحساب مثلاً، وهنا نتعثر بالمطلقات الظاهرية.

ـ كيف تتهجى كلمة «سكّر»؟

ـ س ـ ك ـ ر.

هذا صواب. وكل ما عداه، خطأ.

ـ كم يساوي 2 + 2؟

ـ الجواب: 4

هذا صواب، وكل ما عداه، خطأ.

إن وجود أجوبة دقيقة، مع «صواب» و«خطأ» مطلقَين، يقلل من الحاجة

إلى التفكير. وهذا ما يسرّ كلاً من التلاميذ والمعلمين. ولهذا السبب، يُفضّل التلامذة والمعلمون، امتحانات الأجوبة المقتضبة، على امتحانات المقالات المطوّلة، وآمتحانات الخيارات المتعددة على آمتحانات الأجوبة المقتضبة وامتحانات«صح خطأ» على امتحانات الخيارات المتعددة .

إلا أن اختبارات الأجوبة القصيرة - بحسب طريقتي في التفكير - غير مجدية في تقييم تفهّم التلميذ للموضوع. إنها مجرد اختبار لفعالية قابليته للحفظ.

ويمكن تبيّن ما أعنيه، حال التسليم بأن الصواب والخطأ هما نسبيان.

- كيف تتهجّى كلمة «سكّر».

لنفرض أن «أليس» Alice تهجتها: ب - ك - ز - ز - ف. وأن «جنڤياف Genevieve تهجتها: س - ج - ر.

التهجئتان خاطئتان. ولكن هل من شك في أن «أليس» أكثر خطأً من «جنڤياف»؟ ولهذا، أعتقد أن من الممكن القول بأن تهجئة «جنڤياف» أقرب إلى «الصواب».

أو لنفرض أن التهجئة كانت: س - ك - ر - و - ز، أو $C_{12} H_2 O_{11}$. فبشكل دقيق صارم، تكون خاطئة في الحالين. ولكننا بذلك نعرض معرفةً ما، تتخطى التهجئة التقليدية.

ولنفرض بعد ذلك أن السؤال كان:

على أي عدد من الأشكال يمكنك تهجئة كلمة «سكّر»؟ برّر كلاً منها. بالطبع، سوف يكون على التلميذ أن يفكّر طويلاً، وفي النهاية يعرض ما يعرف، كثيراً كان أو قليلاً. وسيكون على المعلم أن يفكّر طويلاً أيضاً، في محاولته تقييم مقدار ما يعرفه التلميذ. وهو ما لا يروق لكليهما. .

ومرة أخرى:

- كم يساوي 2 + 2؟

لنفرض أن «جوزف» Joseph قال: 2 + 2 = أرجوان. .

في حين قال «ماكسوِل» Maxwell 2 + 2 = 17

كلاهما مخطىء. ولكن أليس من الإنصاف أن يقال: «جوزف» أكثر خطأً من «ماكسوِل»؟

ولنفرض أننا قلنا: 2 + 2 = عدداً صحيحاً. فسيكون الجواب صحيحاً،

أليس كذلك؟

أو لنفرض أننا قلنا: 2 + 2 = عدداً صحيحاً شفعاً (مزدوجاً) فسيكون هذا أكثر صوابية.

أو لنفرض أننا قلنا: 2 + 2 = 3.999، أفلا يكون هذا قريباً من الصواب؟

وإذا كان المعلم يريد الجواب: 4، من دون تمييز بين مختلف الأخطاء، أفلا يضع هذا حداً غير ضروري، للتفهّم؟

ولنفرض أن السؤال هو:

- كم يساوي 5 + 9؟

وإن الجواب كان: 2. أفلا نكون موضع شجب وسخرية، ويُصار إلى إفهامنا أن 5 + 9 = 14؟

فإذا قيل لنا أن 9 ساعات قد مرت منذ منتصف الليل، وبالتالي أن الساعة هي التاسعة. ثم سُئِلنا كم تكون الساعة بعد مرور خمس ساعات، فأجبنا: الساعة 14، على أساس أن 5 + 9 = 14، أفلا نكون موضع سخرية من جديد، ويصار إلى إفهامنا أن الساعة تكون 2؟ فيكون الظاهر، بالتالي أن 5 + 9 = 2

ومرة أخرى، لنفرض أن «رتشارد» Richard قال: 2 + 2 = 11 وقبل أن يرسله المعلم إلى والدته مع ملاحظة، سارع فقال على الفور: على الأساس «3» بالطبع. فسيكون على صواب.

وهذا مثال آخر:

يسأل المعلّم: من هو الرئيس الأربعون للولايات المتحدة؟

فتجيب «بربرا» Barbara: ليس هناك أي رئيس أربعين، أستاذ.

ويقول الأستاذ:

خطأ. «رونالد ريغان» Ronald Reagan هو الرئيس الأربعون للولايات المتحدة.

وتجيب «بربرا»: كلا. على الإطلاق. فلدي هنا قائمة برؤساء الولايات المتحدة حسب الدستور، منذ «جورج واشنطن» George Wahington إلى «رونالد ريغان» وهم 39، ولذلك لا وجود للرئيس الأربعين.

فيقول الأستاذ: أجل. ولكن «غروفر كليفلند» Grover Cleveland تولّى الرئاسة مرتين غير متتاليتين، الأولى من 1885 إلى 1889، والثانية من 1893 إلى 1897، فهو يُعدّ الرئيس الثاني والعشرين، وكذلك الرابع والعشرين. ولذلك،

فإن «رونالد ريغان» هو الشخص التاسع والثلاثون الذي تولى رئاسة الولايات المتحدة، وهو في الوقت ذاته، الرئيس الأربعون للولايات المتحدة.

أليس هذا مضحكاً؟ فلماذا يجب أن يُعدّ الشخص مرتين إذا لم تكن ولايتاه متعاقبتين، ومرة واحدة إذا كانتا متعاقبتين؟ إنه مجرد اصطلاح. ومع هذا تُعتَبر «بربرا» مخطئة ـ ولكن مخطئة تماماً كما لو أنها قالت: إن الرئيس الأربعين للولايات المتحدة هو «فيدل كاسترو» Fidel Castro.

وهكذا، فعندما يقول لي صديقي خبير الأدب الإنكليزي أن العلماء في كل عصر يعتقدون بأنهم أتمّوا معرفة الكون، يكونون «دائماً على خطأ»، فالذي أريد معرفته، هو: «إلى أي مدى» هم مخطئون؟

هل هم أبداً مخطئون بدرجة واحدة؟ دعنا نأخذ مثلاً:

في فجر الحضارة الإنسانية، كان الاعتقاد السائد، أن الأرض مسطّحة. لم يكن هذا لأن الناس كانوا حمقى، أو يميلون إلى الاعتقاد بأمور سخيفة. لقد شعروا بأنها مسطحة بناء على أدلة بيّنة. «لم تكن» المسألة عبارة عن مجرد «هكذا تبدو»، لأن الأرض «لا» تبدو مسطحة، بل ذات تضاريس فوضوية: تلال، جبال، وهاد، أودية، جُرُف ومنحدرات، إلى ما هنالك.

بالطبع، ثمة سهول تبدو فيها الأرض، ضمن مساحات معينة، مسطّحة «حقاً». أحد تلك السهول هو سهل «دجلة» و«الفرات»، حيث نشأت أول حضارة إنسانية في التاريخ (حضارة تعتمد الكتابة) وهي السومرية.

لعل مظهر السهل هو الذي أقنع السومريين الأذكياء بتقبّل التعميم أن الأرض مسطحة، أي أننا لو أزلنا سائر النتوءات والوهاد، لأصبحت الأرض مسطحة. وقد يكون أسهم في هذا المفهوم، كون السطوح المائية (البرك والبحيرات) تبدو مسطّحة تماماً في الأيام الهادئة.

وهناك نظرة أخرى إلى الموضوع، هي التساؤل عن «انحناء» سطح الأرض، أي على مدى مسافة طويلة، كم ينحرف سطح الأرض (في المتوسط) عن كونه مسطحاً تماماً؟ أن نظرية الأرض المسطحة قد تجعل السطح يبدو وكأنه لا يحيد عن كونه مسطحاً تماماً، وإن انحناءه هو الصفر في المِيل.

أما في أيامنا، بالطبع، فقد تعلمنا أن نظرية الأرض المسطحة «خطأ»، كلها خطأ، خطأ فادح، خطأ مطلق. ولكنها ليست كذلك. فانحناء الأرض هو

«تقريباً» صفر في الميل، بحيث أن نظرية الأرض المسطحة، مع كونها خاطئة، هي صحيحة «تقريباً». وهذا سبب بقائها فترة طويلة.

كانت هنالك بالطبع، أسباب تدفع إلى اعتبار نظرية الأرض المسطحة غير مُرضِية، وقد لخصها نحو سنة 350 ق. م. الفيلسوف اليوناني «أرسطو».

فأولاً، تختفي بعض النجوم وراء نصف الكرة الجنوبي إذا سافر أحدهم جنوباً.

وثانياً، كان ظل الأرض على القمر خلال خسوفه، دائماً على شكل قوس دائرة.

وثالثاً، هنا على الأرض نفسها، كان بدن السفن يختفي وهي تبتعد عند الأفق، قبل أشرعتها، أياً كانت وجهة سيرها.

هذه المشاهدات الثلاث لا يمكن تفسيرها بشكل معقول، لو كان سطح الأرض مسطحاً. ولكن يمكن تفسيرها مع اعتبار أن الأرض كرة.

والأكثر من ذلك، أن «أرسطو» كان يعتقد بأن سائر الأجسام الصلبة تميل إلى التحرك نحو مركز مشترك. وإذا كان الأمر كذلك، فإن سائر الأجسام الصلبة سوف تنتهي إلى شكل كرة. فالحجم المعيّن من المادة، يكون في المتوسط أقرب إلى مركز مشتكر إذا كان كرةً، منه إذا كان أي شكل آخر.

بعد انقضاء نحو قرن على عصر «أرسطو»، لاحظ الفيلسوف اليوناني «أراتوثينس» Eratosthenes إن الشمس تلقي ظلالاً مختلفة الطول عند خطوط العرض المختلفة. (كل الظلال تكون متساوية في الطول لو كانت الأرض مسطحة). ومن فارق الطول في الظل، قام بحساب حجم الكرة الأرضية، فتبيّن أن دائرتها هي 25 000 ميل (40 000 كلم).

ويبلغ معدل انحناء مثل هذه الكرة 0. 000126 في الميل الواحد، أي ما هو قريب جداً من الصفر في الميل، وهو ما لا يسهل قياسه مع التقنيات التي كانت بتصرف الأقدمين. والفارق الضئيل جداً بين الصفر وبين 0,000126 كان السبب وراء الفترة الطويلة التي استغرقها التحوّل من الأرض المسطحة إلى الأرض الكروية. علماً بأنه، حتى الفارق الضئيل كالذي بين الصفر وبين 0.000126، قد يكون على قدر كبير من الأهمية. وهذا الفارق يتعاظم. فلا يمكن رسم خريطة الأرض على مساحة كبيرة بأيٍ دقة على الإطلاق، إذا لم يؤخذ الفارق بالإعتبار، وإذا لم تُعتَبر الأرض كرةً بدلاً من المسطّح، كما لا

يمكن القيام بأي رحلات بحرية طويلة وتحديد الموقع في المحيط على نحو معقول، ما لم تعتبر الأرض كروية، لا مسطحة.

بالإضافة، فالأرض المسطّحة تفترض مسبقاً احتمال أرض لا متناهية، أو وجود «طرف» لهذا المسطح. أما الأرض الكروية فتفترض أرضاً محدودة ولكن لا طرف لها، وهذا المسلّم الأخير هو الذي يتلاءم مع سائر الإكتشافات اللاحقة.

وهكذا، فمع أن الخطأ في نظرية الأرض المسطحة ضئيل، وهي مفخرة لمخترعيها، فهي بعد كل شيء خاطئة بما يكفي لنبذها وإلغائها، لصالح نظرية الأرض الكروية.

ولكن مع هذا، فهل الأرض كروية حقاً؟

كلا. إنها «ليست» كرة، بالمعنى الرياضي الصارم. فللكرة بعض الخصائص الرياضية ـ مثلاً، أن جميع أقطارها (أي الخطوط المستقيمة التي تمر من نقطة على سطحها إلى نقطة أخرى عبر المركز) هي متساوية في الطول.

وهذا ليس صحيحاً بالنسبة إلى الأرض. فأقطار الأرض مختلفة في أطوالها.

وما الذي أوحى للناس بأن الأرض لم تكن كرة صحيحة؟.

أولاً: كان لكل من الشمس والقمر محيط دائري كامل، ضمن حدود القياس في بداية عهد المقراب. وهذا يتلاءم مع الافتراض بأن شكل الشمس والقمر هو شكل الكرة الصحيحة.

ولكن عندما شوهد المشتري وزُحل من قبل أول الراصدين بالمقراب، بدا سريعاً في الظاهر أن محيطَي هذين الكوكبين، لم يكونا دائرتين، بل قطعَين ناقصَين واضحَين. وهذا يعني أن المشتري وزُحل ليسا كرتين صحيحتين.

وبيّن «إسحاق نيوتن» Isaac Newton، أواخر القرن السابع عشر، أن الأجسام ذات الكتلة الكبيرة قد تكون كرات تحت وطأة الجاذبية (تماماً كما أشار «أرسطو»)، شرط أن لا تكون دوّامة (دوّارة). فإذا كانت تدور حول محورها، يتكوّن تأثير مركزي طارِد، يرفع مادة الجسم ضد الجاذبية، ويتزايد هذا التأثير كلما اقتربنا من خط الإستواء، وكذلك ازدادت سرعة دوران الجسم الكروي. والمشتري وزحل كانا يدوران بسرعة فعلاً.

أما الأرض، فتدور ببطء أكثر بكثير من المشتري وزحل، وبالتالي يتضاءل التأثير ولو أنه موجود. وقد أجريت قياسات لانحناء سطح الأرض في القرن الثامن عشر، فتبيّن أن «نيوتن» كان على صواب.

بكلمة أخرى: للأرض انتفاخ استوائي. فهي منسطحة عند القطبين، وهي «كروانية مفلطحة» أكثر منها كرة. وهذا يعني أن أقطار الأرض تختلف في أطوالها. وأطولها، تلك التي تمتد من نقطة على خط الإستواء إلى نقطة مقابلة على خط الإستواء. ويبلغ هذا «القطر الإستوائي» 755 12 كلم (927 7 ميلاً)، والقطر الأقصر هو الذي يمتد من القطب الشمالي إلى الجنوبي، ويبلغ 711 12 كلم (900 7 ميل) والفارق بين القطر الأطول والقطر الأصر هو 44 كلم (27 ميلاً) وهذا يعني أن «فلطحة» الأرض (أي ما يفرقها عن الكروية الصحيحة) هي 755 44/12 أو 0.0034، أي 1/3%.

وبطريقة أخرى، فعلى المستوى المسطّح، يكون الانحناء صفراً في الميل أينما كان. وعلى سطح الأرض الكروية الانحناء 0.000126 في الميل أينما كان (8 إنشات/ في الميل) وعلى سطح الأرض الكروانية، يتراوح الانحناء بين 7.973 إنش/ميل و 8.027 إنش/ميل.

والتصحيح بين الكروية والكروانية المفلطحة أصغر بكثير منه بين المسطح والكروي. ومع أن مفهوم الأرض الكروية خاطىء بالمعنى الصارم الدقيق للكلمة، فهو ليس خاطئاً «بمقدار» مفهوم الأرض المسطحة.

وحتى مفهوم الأرض الكروانية المفلطحة، فهو خاطىء بالمعنى الدقيق. ففي سنة 1958، عندما وُضِع القمر الاصطناعي «ڤانغارد ـ 1» Vanguard - 1 في مدار حول الأرض، أمكنه قياس جاذبية الأرض المحلية ـ وبالتالي شكلها ـ بدقة لا سابقة لها. وتبيّن أن الانتفاخ الاستوائي جنوب خط الاستواء كان أكبر منه شماله، وان مستوى سطح البحر عند القطب الجنوبي أقرب بقليل إلى مركز الأرض من مستوى سطح البحر عند القطب الشمالي.

ولم يكن من سبيل إلى وصف الأرض إلا بالقول إنها على شكل إجاصة. وفي الحال، قرر الناس أن الأرض ليست كرةً بأي شكل، بل على شكل إجاصة من نوع «بارتليت» Bartlett متدلية في الفضاء. وفي الحقيقة، لم يكن الفارق بين الشكل الإجاصي وبين الكروانية المفلطحة الصحيحة سوى قضية ياردات

(أو أمتـار) بدلاً من أميـال، وتصحيـح الانحنـاء لا يتجـاوز أجـزاءً من الإنش في الميل.

باختصار، فـإن صاحبي المـختـص في الأدب الإنكليزي، الـذي يعيش في ذهنية عالم فكري من الخطأ المطلق والصواب المـطلق، قد يتخيّـل ـ بما أن جميع النظريـات «خاطئـة» ـ انه يمكن اعتبـار الأرض كرويـة حاليـاً، ومكعبة في القـرن المقبل، ومجسمـاً فارغـاً ذا عشرين وجهـاً في القرن الـذي يليـه، وعلى شكل كعكة في القرن الذي بعده..

والذي يحصل في الـواقع، هـو أنه عنـدما يتـوصل العلمـاء إلى مفهوم مـا جيّد، يقومون بتحسينه تدريجياً وبتوسيعه أكثر فأكثر بمزيـد من الدقـة مع تحسن أجهزة القياسات لديهم. فالنظريات ليست خاطئة بقدر ما هي غير كاملة.

وهـذا ما يمكن التـدليل عليـه في العديـد من الحالات الأخـرى غيـر التي تتناول شكل الأرض. فحتى عندما يبدو أن إحدى النـظريات تُشكّـل ثورة، فـإنها عـادة ما تبـرز من خـلال تحسينـات طفيفـة. أمـا إذا احتـاج الأمـر إلى أكثـر من تحسينات صغيرة، فإن النظرية القديمة لا تثبت.

انتقل «كوبـرنـيكوس» Copernicus من نـظام كوكبي مـركزه الأرض، إلى نظام مركـزه الشمس. وبعمله هذا، فقـد انتقل من شيء كـان واضحاً بينـاً، إلى شيء مضحك في ظاهره. ولكن المسألة في إيجاد طـرق أفضل لحسـاب حركـة الكواكب في السماء. وفي النهـاية، ألغيت نـظرية النـظام الذي مـركزه الأرض. كان سر بقاء تلك النظريـة القديمـة مدة طـويلة، إنما كـونها أعـطت نتائـج جيدة نسبياً، بحسب المعايير القياسية آنذاك.

ومـرة أخرى، لأن تكـوين الأرض الجيولـوجي يتغيّر ببطء «شـديـد»، ولأن الاحياء على سطحها تتطوّر ببطء «شديد»، يبدو معقولاً للوهلة الأولى، الافتراض بأن «لا وجود» للتغير، وأن الأرض والحياة كانتا منذ الأزل وعلى الدوام كمـا همـا اليوم. وإذا كان الأمـر كذلـك، فلن يبقى هناك أي فـارق بين كون عمـر الأرض والحياة مليارات السنين، وبين كونه آلاف السنين. فالآلاف أسهل تداولاً.

ولكن بعد أن بيّنت المشاهدات التي جرت بدقة وعناية، أن الأرض والحياة يتغيّران بمعدل ضئيل جداً ولكنـه «ليس» صفراً، أصبح من الواضـح أن الأرض والحياة قديمان للغاية. وكانت الجيولوجيا العصرية، ومثلها مفهوم التطور الاحيائي (البيولوجي).

ولو كان معدل التغيّر أسرع مما هو، لكانت الجيولوجيا والتطوّر، قد بلغا وضعهما العصري منذ القِدم. ولأن فارق التغيّر بين كون سكوني مستقر، وبين كون تطوّري، لا يعدو كونه بين الصفر وبين ما هو أشبه بالصفر، يتسنى لجماعة «الخلق» creationists الاستمرار في نشر أقاويلهم.

مرة أخرى، ماذا عن النظريتين الكبيرتين للقرن العشرين: النسبية، وميكانيكا الكم؟

كانت نظريات «نيوتن» حول الحركة والجاذبية قريبة جداً من الصواب. وقد تكون الصواب المطلق لو أن سرعة الضوء كانت لا متناهية. إلا أن سرعة الضوء محدودة، وهذا ما يتوجّب أخذه بالاعتبار في معادلات «اينشتاين»Einstein النسبية التي كانت امتداداً وتحسيناً لمعادلات «نيوتن».

قد يقال إن الفارق بين المحدود واللامتناهي هو أيضاً، لا متناهي. فلماذا بالتالي، لم تسقط معادلات «نيوتن» في الحال؟ وبكلمة أخرى، فلنسأل عن الفترة الزمنية التي يستغرقها الضوء في اجتياز مسافة متر واحد.

إذا كان الضوء ينتقل بسرعة لا متناهية، فسوف يستغرق صفراً من الزمن في قطع متر واحد. ولكنه، بسرعة الضوء الراهنة، سوف يستغرق (0.0000000033 ثانية) وإنه لهذا الفارق بين الصفر وبين 0.0000000033، هو الذي قام «أينشتاين» بتصحيحه.

ومن حيث المفهوم، لا يقل التصحيح في أهميته، عن تصحيح انحناء الأرض من الصفر إلى 8 إنش. فالجسيمات دون الذرية السريعة، لن يكون سلوكها كما هو من دون التصحيح، كما أن مسرّعات الجسيمات لن تعمل كما تعمل، ولن تنفجر القنابل النووية، ولن تشعّ النجوم. ومع ذلك، فقد كان التصحيح ضئيلاً، ولا عجب أن «نيوتن» في عصره لم يتمكن من استيعابه، إذ كان مقيّداً في مشاهداته، بسرعات ومسافات لا يُمثّل التصحيح فيها شيئاً يُذكر.

ومرة أخرى، كان تقصير نظرة الفيزياء قبل عهد النظرية الكمومية، لأنها لم تدع مجالاً لوضع الكون المحبَّب (ذي الحبيبات) إذ كان الاعتقاد أن سائر أشكال الطاقة متواصلة ويمكن تقسيمها بلا نهاية إلى مقادير أصغر فأصغر.

وتبيّن أن هذا الأمر ليس صحيحاً. فالطاقة تأتي في «كمّات» quanta يتوقف حجمها على ما يعرف بثابتة «پلانك» Plank's constant. فلو كانت ثابتة

«پلانك» تساوي صفراً من الإرغ(*) في الثانية، لكانت الطاقة متواصلة، ولن يكون هناك أي حبيبات يتألف منها الكون. إلا أن ثابتة «پلانك» تساوي: 0. 00000000000000000000000000066 إرغ/ ثانية. وهذا حقاً فارق يكاد يلامس الصفر، وهو من الصغر بحيث لا تأبه له مسائل الطاقة في الحياة اليومية. ولكن عندما نتعامل مع جسيمات دون ذرّية، يكون التحبُّب كبيراً بالمقارنة بحيث لا نستطيع التعامل معه من دون أن نأخذ الكم بالاعتبار.

وبما أن التحسينات تسير نظرياً نحو الأصغر فالأصغر، فحتى النظريات القديمة جداً لا بد وأنها كانت صحيحة إلى حد يسمح بتحقيق التقدم، وهو تقدّم لم تُلغِه التحسينات اللاحقة.

أدخل اليونان مفهوم خطوط العرض والطول، ورسموا خرائط معقولة لحوض البحر المتوسط، حتى مع عدم اعتبار الكروية، وما زلنا للآن، نعتمد خطوط العرض والطول.

ولعل السومريين كانوا على الأرجح أول من وضع مبدأ كون حركات الكواكب في السماء تبدو منتظمة ويمكن التنبؤ بها، وشرعوا في ابتكار وسائل لذلك، حتى بالرغم من افتراضهم أن الأرض هي مركز الكون. وقد تم تحسين قياساتهم بشكل كبير، إلا أن المبدأ يبقى هو هو.

أما نظرية «نيوتن» للجاذبية، فرغم كونها ناقصة بالنسبة إلى المسافات الشاسعة والسرعات العالية، تبقى ملائمة تماماً للنظام الشمسي. ويظهر المذنّب هالي وفقاً لتنبؤ نظرية «نيوتن» بالضبط، عن الجاذبية، ولقوانينه عن الحركة. كما يرتكز نظام الصواريخ كلياً على [قوانين] «نيوتن». وقد وصل «فوياجر ـ 2» Voyager II إلى يورانوس، بفارق ثانية واحدة عن الوقت المحدد مسبقاً. ولم تُبطِل النسبية أياً من هذه الأمور.

في القرن التاسع عشر، وقبل أن يحلم العالم بنظرية الكم، وُضِعت قوانين الدينامية الحرارية، بما فيها مبدأ الحفاظ على الطاقة بوصفه قانوناً أول، والزيادة الحتمية في الانتروپيا(**) entropy بوصفها القانون الثاني. كما وضعت قوانين أخرى في الحفاظ على الطاقة مثل قوانين الزخم (كمية الحركة) أو القوة

(*) وحدة العمل والطاقة ـ المترجم.

(**) عامل رياضي يعتبر مقياساً للطاقة غير المستفادة في النظام الدينامي الحراري ـ المترجم.

الدافعة والزخم الزاويّ والشحنة الكهربائية. وكذلك كانت قوانين «ماكسوِل» Maxwell للكهرباء المغنطيسية. لقد بقيت جميعها راسخة، حتى بعد مجيء نظرية الكم.

بالطبع، يمكن اعتبار النظريات الحالية خاطئة، بالمعنى التبسيطي لمراسلي، رجل الأدب الإنكليزي. ولكن بمعنى أدقّ وأصدق، يجب اعتبارها غير كاملة فقط.

فمثلاً، لقد أدخلت نظرية الكم ما يُسمّى «القدرية الكمّية» (أو الكمومية) quantum Weirdness، وهي تطرح بجدية ماهية الواقع بالذات، وتثير ألغازا فلسفية لا يبدو أن في مقدور الفيزيائيين الاتفاق بشأنها. وقد يكون أننا وصلنا إلى مرحلة لم يعد معها الدماغ البشري قادراً على استيعاب الأمور، أو أن نظرية الكم غير كاملة، وأنه عندما يتم توسيعها بالشكل الملائم، سوف تختفي «القدرية» كلياً.

مرة أخرى، يبدو أن كلًا من نظرية الكم ونظرية النسبية، مستقل عن الآخر. ففي حين توحي نظرية الكم بإمكان توحيد ثلاثة من التفاعلات الأربعة المعروفة، في نظام رياضي واحد، نرى أن الجاذبية ـ وهي مملكة النسبية ـ تبدو شاذة متصلبة.

فإذا أمكن الجمع بين نظرية الكم ونظرية النسبية، فقد يصبح من الممكن التوصل إلى «نظرية المجال الموحَّد» الحقة.

ولكن إذا تحقق كل هذا، فسوف يبقى مزيد من التحسين يتناول أطراف ما هو معروف ـ طبيعة الانفجار العظيم، وخلق الكون، والخصائص في مركز الثقوب السوداء، وبعض النقاط الدقيقة حول تطوّر المجرات والمستعرات العظمى، وغيرها.

بيد أن كل ما نعرفه اليوم بشكل عملي، سوف يبقى كما هو. وحين أقول إنني سعيد لكوني أعيش في عصر أصبح فيه الكون مفهوماً على نحو جوهري، أعتقد أن لهذا ما يبرره.

نسبية الضلال

حول هذا الكتاب قال جماعة من النقاد: «هنا يتلاقى عظيموف العالِم، وعظيموف كاتب الخيال العلمي، في أسلوب جزل غير متكلف يسم الرجل بمنتهى الروعة، وقراءته غاية في المتعة».
في هذا الكتاب، يتوجه «بلزاك العلوم». كما أسمته جمعية الناشرين الأميركيين، بفكره الساطع وقلمه الغزير، نحو سلسلة عريضة من الموضوعات، فيقدم كتاب «نسبية الضلال» ويضع تعقيدات الظواهر العلمية في متناولنا جميعاً. وهو في تقسيمه هذه المجموعة إلى فئات ثلاث: النظائر والعناصر، والنظام الشمسي، وما وراء النظام الشمسي، يستكشف بشكل حاسم تأثير القمر في السلوك البشري، وتكوّن المجرة (الدرب اللبنية)، واكتشاف النجوم، والسفر في الفضاء،...
وتخاطب المقالة التي يحمل الكتاب اسمها، وتظهر في قسم خاص بعنوان غير اعتيادي، مفهومنا عن الصواب والخطأ، بحصافة العلم ووضوحه المميزين، وتتحرى أثر هذين «المطلقين» في تطور النظرية العلمية.
«نسبية الضلال» كتاب يؤنسن، بمنتهى البراعة، ألغاز العلم، ويوطد شهرة عظيموف في كونه الشارح الكبير في عصرنا هذا.

■ إسحاق عظيموف ولد في روسيا عام 1920 وهاجر إلى نيويورك مع أهله عام 1923. وفي بروكلن نما حبه للقراءة ونال بكالوريوس العلوم ثم الدكتوراه في الكيمياء سنة 1940. درّس الكيمياء الحيوية في جامعة بوسطن حتى عام 1958 حيث تفرغ للكتابة. نشرت له أول قصة صغيرة في الثامنة عشرة، وأول كتاب في الخيال العلمي في الثلاثين. كتب عن كل موضوع وله حالياً أكثر من 365 مؤلفاً مشهوراً. انتخب مؤخراً سيد كتب الخيال العلمي في أميركا.